les corps la présence d'une quantité considérable de calorique, indépendamment de celui qui sert à entretenir la liquidité ou la fluidité. On ne sait point quelle est la densité de ce calorique qui sature tous les corps. On ignore avec quelle vitesse il est remplacé, lorsqu'on leur en enlève quelque partie. On n'est donc pas fondé à opposer comme une objection, un phénomène qui peut bien dépendre de ces circonstances cachées, jusqu'ici hors de la portée de nos instruméns *. Il est à désirer que l'on multiplie et que l'on varie les expériences qui pourroient jeter du jour sur ce sujet. Du reste, je ne veux point sortir de celui que j'ai entrepris, qui est uniquement d'expliquer les phénomènes du calorique rayonnant au moyen d'une théorie claire.

---

* Voyez à la fin la note C.

j'insérai dans ce même recueil trois mémoires successifs, dont les deux premiers sont intitulés, *Considérations sur les nouvelles recherches du Comte de Rumford relatives au mode d'action du calorique*, et le troisième, *Résumé des considérations sur le mode d'action du calorique* *.

§. 8. Cette note historique n'est nullement destinée à maintenir mon droit de propriété sur la théorie que j'expose ; car outre que ce seroit un objet de peu d'intérêt, ce droit a été reconnu par plusieurs physiciens justement célèbres **. Mais il m'a paru convenable de faire voir que la théorie de l'équilibre mobile, et ses nombreuses applications à la chaleur rayonnante, ne sont rien moins « qu'une hypo- » thèse imaginée pour expliquer une expérience » unique, ou pour éclaircir un fait nouveau, » comme a paru le supposer un grand physicien ***.

Cette expérience unique, ce fait nouveau ;

---

* Bibl. brit. T. XXVI. p. 13, 205, 309.

** Je nommerai en particulier ici avec reconnoissance Mrs. Pictet et Haüy. Et il me seroit facile de citer des savans étrangers, qui en ont usé de même.

*** Mémoires sur la chaleur par le C. de Rumfort, Paris, 1804, p. 118.

comme

constamment la même ligne droite, tant qu'aucun obstacle ne l'arrête. Mais l'un va d'un côté, l'autre de l'autre.

Ces élémens se rencontrent très-rarement; en sorte que toutes les directions se croisent sans se nuire.

Ils sont si nombreux que, dans un espace libre et chaud, on peut dire qu'il n'y a point de direction selon laquelle ne se meuvent une multitude d'élémens calorifiques. Cela n'est sans doute vrai que sensiblement; puisque, par exemple, deux directions contraires, sur la même ligne, ne pourroient avoir lieu, dans la rigueur mathématique, sans qu'il y eût des chocs. Mais il suffit que ces élémens soient très-petits, et la ligne sensible suffisamment épaisse, pour que l'assertion n'ait rien de choquant.

Il en résulte que si, *dans un espace libre* et chaud, on considère *un point quelconque*, on pourra dire, que ce point *est un centre*, auquel tendent, et duquel partent, en tout sens, des filets d'élémens calorifiques.

Et comme la vitesse de ces élémens est sensiblement infinie, on peut dire encore que, quelque petit que soit un tems sensiblement fini, le point ou centre en question enverra et recevra, pendant ce tems-là, des élémens

Ouvrages et traductions du même auteur qui se trouvent chez le même Libraire.

Élémens de la Philosophie de l'esprit humain, par M. Dug. Stewart, professeur de Philosophie morale à l'Université d'Édimbourg, de la Société Royale d'Édimbourg, de diverses Sociétés savantes, traduit de l'anglois par le même, 2 vol. in-8.° 9 fr.

De la Disette, par B. Bell, de la Société royale d'Édimbourg, des Sociétés d'Agriculture d'Écosse et de Bath, trad. de l'anglois par le même, vol. in-8, Genève, 1804. 2 f. 50 c.

Essais de Philosophie, ou étude de l'esprit humain. I.er Essai : Analyse des facultés de l'esprit humain. II.e Essai : Logique. Par le même : suivi de quelques opuscules de G. L. Le Sage, corresp. de l'Acad. des Sc. et de l'Inst. nat. etc., 2 vol. in-8, 1805, 7 f. 50 c.

Notice sur la vie et les écrits de George-Louis Le Sage de Genève, membre de diverses académies, de la Société royale de Londres, et ci-devant de celle de Montpellier; correspondant de l'académie royale des sciences de Paris, et depuis correspondant de l'Institut national de France, rédigée d'après ses notes par P. Prevost, suivie d'un opuscule de Le Sage sur les *Causes finales*, du *Lucrèce neutonien*, d'extraits de sa correspondance avec divers savans et personnes illustres, telles que le duc de la Rochefoucauld, madame la duchesse d'Enville, madame Necker, d'Alembert, Bailly, Clairaut, La Condamine, Stanhope, Euler, Lambert, Ch. Bonnet, Boscowich, et d'un extrait de la correspondance de Bachet de Méziriac avec Nathan d'Aubigné, trisaïeul de Le Sage, vol. in-8 de 600 pages 1805 6 fr.

Essai sur le principe de population, ou Recherche de l'influence de ce principe sur le bonheur de l'espèce humaine dans les tems anciens et modernes, suivie de l'examen des moyens propres à adoucir les maux dont ce même principe est la cause, et du tableau des espérances que l'on peut concevoir à ce sujet. Par T. R. Malthus, maître-ès-arts, associé du collége de Jésus à Cambridge, professeur d'histoire et d'économie politique au collége des Indes Orientales dans le Comté d'Hertford, trad. de l'anglois, 3 vol., in-8, 12 fr.

DU CALORIQUE RAYONNANT,

PAR PIERRE PREVOST,

Prof. de Phys. à l'Ac. de Genève, de la Soc. des A. et de la Soc. de Phys. et d'H. N. de la m. v.; de l'Acad. de Berlin, et de la Soc. des C. de la N. de la m. v.; de la Soc. Roy. de Londres et de la Soc. Roy. d'Édimbourg; Corr. de l'Inst. Nat., et de la Soc. des Sc. et A. de Montauban, etc.

A PARIS,

Chez J. J. PASCHOUD, Libraire, Quai des Grands-Augustins, n.° 11, près le pont Saint-Michel.

A GENÈVE,

Chez le même Libraire.

1809.

AVERTISSEMENT.

L'OBJET de cet écrit est d'exposer la théorie du calorique rayonnant, et d'en faire l'application à quelques phénomènes. Cette théorie, telle que l'auteur l'a conçue et proposée il y a plus de dix-huit ans, a obtenu l'approbation de plusieurs bons juges. Mr. l'abbé Haüy l'a adoptée dans la seconde édition de son Traité élémentaire de physique. Et depuis qu'elle a été publiée, elle a semblé jeter du jour sur une classe de faits aussi nombreux qu'intéressans. Il est donc tems peut-être de la discuter et de la développer, autant que le permet l'état actuel de nos connoissances.

L'auteur sent à cet égard son insuffisance, et invoque le secours des hommes à qui la science a dû ses plus grands progrès. Il n'envisage son travail que comme un premier effort, destiné à pré-

parer la voie, qui lui paroît conduire à une mine riche et de facile exploitation.

Indépendamment de ces développemens de théorie, les physiciens trouveront rassemblées dans cet écrit des observations dignes de leur attention; entr'autres celles de Mr. Leslie. La partie de l'ouvrage de ce physicien sur la chaleur, qui est à la fois purement expérimentale et exclusivement relative au rayonnement, est traduite ici en entier. Elle n'est encore connue en France que par de simples extraits, qui, bien qu'excellens, ne suffisent pas entièrement peut-être à ceux qui veulent répéter les expériences, ou en suivre tous les détails.

Quant aux faits connus, qui se trouvent ici reproduits; s'ils sont liés entr'eux par une théorie claire, ils offriront peut-être un nouveau sujet de réflexion.

NOTA. 1. *Dans les morceaux de traduction que j'ai insérés occasionnellement dans cet ouvrage, j'ai distingué mes notes marginales par les lettres initiales P. P. p.*

2. *Les lecteurs trop occupés pour lire de suite l'exposé de ma théorie en trouveront un court résumé dans la section IX.*

3. *Après cette même section IX, j'ai placé un avertissement particulier, relatif aux sections suivantes.*

Empirici, formicæ more, congerunt tantum et utuntur. Rationales autem, arancarum more, telas ex se conficiunt. Apis ratio media est, quæ materiam ex floribus tam horti quam agri elicit, sed simul etiam eam propria facultate vertit et digerit. Neque absimile veræ philosophiæ opificium est, quæ ex historia naturali et experimentis mechanicis præbitam materiam, non in memoria integram, sed in intellectu mutatam et subactam reponit.

BACON, *Impetus philos.* (Works, London, 1803. T. IX, p. 294.)

DU CALORIQUE RAYONNANT.

INTRODUCTION.

CHAPITRE PREMIER.

Que le calorique rayonne.

§. 1. On ressent les impressions de la chaleur à quelque distance. Ce phénomène est si connu, qu'il est inutile de le prouver par des expériences faites directement dans ce but.

Scheele est, je crois, le premier qui se soit appliqué à discuter ce phénomène. Mais ce grand chimiste n'y a pas appliqué les mesures thermométriques. Ce qu'il a dit là-dessus se trouve aux §§. 55. 56. 57. de son *Traité de l'air et du feu.* Il observe que la fumée monte devant un feu dont la chaleur se fait sentir à dix pieds de distance; que l'air agité n'empêche pas cette émission de chaleur; qu'un carreau de verre l'intercepte sans intercepter

CHAPITRE II.

Que la chaleur se propage de deux manières.

§. 2. INDÉPENDAMMENT de cette voie de rayonnement, la chaleur se propage par voie de conductibilité. On dit que la chaleur est *conduite*, lorsque le calorique passe de proche en proche d'une particule d'un corps à la particule voisine. Cette manière de cheminer est lente et irrégulière; le calorique serpente d'une masse à l'autre avec difficulté.

C'est ainsi qu'en chauffant l'extrémité d'une barre métallique de longueur déterminée *, on parvient insensiblement à échauffer l'extrémité opposée.

De savans physiciens se sont occupés de la propagation de la chaleur par voie de conductibilité **.

La manière de conduire la chaleur, qui est propre aux solides, n'est pas exactement la

* Mr. Biot a démontré qu'il est impossible de chauffer d'un degré l'extrémité d'une barre de fer de 2 mètres ou six pieds de longueur en la chauffant par l'autre bout, car elle se fondroit auparavant. *Bibl. brit. T. XXVII. p. 315.*

** Biot.

même, que celle qui est propre aux liquides et aux fluides. Ceux-ci ne la conduisent presque que par un déplacement des particules dont ils sont composés *. C'est par de petits courans, qu'ils conduisent la chaleur.

Je ne fais ces remarques, que parce qu'en traitant du calorique rayonnant, on rencontre à chaque instant des faits qui appartiennent à la conductibilité ; et qu'il est par conséquent indispensable d'en faire mention. D'ailleurs je ne m'occuperai de ce sujet, qu'autant qu'il sera nécessaire pour éclairer celui que j'ai entrepris de traiter **.

CHAPITRE III.

Des différens états du calorique.

§. 3. Le calorique est ou latent ou développé.

Il y a lieu de croire que les corps contiennent beaucoup de calorique à l'état latent. On peut concevoir du calorique latent combiné avec d'autres élémens ; et du calorique latent sans être combiné.

---

* Rumford.

** Voyez à la fin la note A.

La quantité de calorique latent contenue en divers corps n'est pas la même.

Le calorique développé se manifeste par la dilatation qu'il opère dans les corps, et que mesure le thermomètre.

Tout ce vaste sujet est comme étranger à l'objet de cet ouvrage.

Le calorique est libre ou gêné. Il est gêné dans l'intérieur des corps.

CHAPITRE IV.

Questions relatives à nature du calorique.

§. 4. Le mot *calorique* a été inventé pour signifier la cause de la chaleur, avec l'intention, formellement exprimée, de ne rien prononcer sur sa nature *. On a voulu laisser indécis si la chaleur étoit produite par un fluide particulier, ou seulement par un mouvement imprimé aux molécules des corps, sans l'introduction d'aucun fluide.

Plusieurs grands physiciens pensent qu'il n'y a aucun fluide particulier auquel ce mot

---

* Traité élém. de chimie par Lavoisier, 2.de edit. Paris, 1793. T. I. p. 5.

calorique soit applicable. Ils croient que la chaleur est produite par les mouvemens intestins des molécules des corps. Le plus souvent cependant ces physiciens ont recours à un éther oscillant, ou à l'air, ou à quelque autre milieu, propagateur des ondes auxquelles ils attribuent les phénomènes de la chaleur.

D'autres croient que le calorique est un fluide particulier, qui pénètre dans les corps et produit toutes les apparences de ce genre.

Parmi ces derniers, plusieurs croient que le calorique et la lumière sont identiques. D'autres sont d'avis contraire. Quelques-uns envisagent le calorique comme simple, un plus petit nombre en font un fluide composé. Mr. J. A. Deluc croit que le calorique est une espèce de vapeur, composée d'une matière pesante tenue en état de suspension par la lumière *. Cette conception jette du jour sur plusieurs phénomènes et mérite d'être soumise à un sérieux examen. Cependant, pressé d'arriver à l'objet principal que j'ai en vue, je m'abstiendrai de toute discussion sur la composition du calorique.

Je ne veux point non plus reproduire ici et peser les argumens généraux apportés de part

* Idées sur la météorologie, T. I. p. 109.

pesanteur à l'un de ses élémens, sans rien prononcer sur l'autre. 3.° Aucune raison que je sache n'oblige à attribuer la pesanteur à toute la matière. Si un corps étoit composé de parties liées entr'elles, dont quelques-unes, quoique suffisamment massives pour devenir sensibles, fussent néanmoins exemptes de pesanteur; les phénomènes du pendule attesteroient cette anomalie. Mais qu'un fluide subtil, composé de parties séparées les unes des autres et sans adhérence à d'autres corps, soit destitué de pesanteur; ce moyen de le découvrir seroit insuffisant. Si l'on suppose même que le fluide non-pesant adhère aux autres corps, mais qu'il soit d'une grande ténuité, il pourra se faire qu'aucun phénomène terrestre ou céleste ne décèle la présence d'une matière aussi subtile, et ne révèle à l'observateur cette légère violation de la loi, qui porte, que la pesanteur est proportionnelle aux masses. Je prie qu'on veuille bien remarquer que je ne dis point que le calorique est destitué de pesanteur. Je dis seulement qu'il est permis de rester à cet égard dans l'ignorance; ce qui suffit pour détruire l'objection. 4.° Le calorique, ainsi que nous le reconnoîtrons, se présente comme doué de propriétés analogues à celles de la lumière. Celle-ci a été envisagée comme un corps par

Newton et par ses disciples, quoiqu'on ne l'ait jamais pesée *.

2.de *Objection.* On a argumenté des effets du frottement, pour nier l'existence d'un calorique matériel. Le frottement paroît une source inépuisable de calorique.

On a déjà fait à cette objection quelques réponses. Je me contenterai d'observer ici que la chaleur produite par la compression de l'air, et par l'écrouissement des métaux, atteste dans

---

* Cette comparaison pourroit être pressée sous d'autres points de vue. Newton a rapporté les principaux phénomènes de la réfraction et de la réflexion aux lois de l'attraction. Et très-récemment Mr. La Place a expliqué par ces même lois la grande anomalie qu'offre la réfraction opérée par certains cristaux diaphanes. Je n'entends pas comment ceux qui admettent ces explications peuvent demeurer flottans entre le système de l'émission et celui de l'ondulation. (Voyez à la fin la note B.) Or si l'on se détermine en faveur du premier, quant à ce qui concerne la lumière, on aura une raison d'analogie en faveur de l'émission du calorique; quoique je convienne d'ailleurs que cette raison seule ne suffiroit pas pour entraîner l'assentiment. On aura donc à examiner par rapport au calorique, auquel de ces deux systèmes les phénomènes se rapportent le plus naturellement. C'est la disposition dans laquelle il me seroit bien agréable d'espérer que seront ceux de mes lecteurs dont j'ambitionne le suffrage.

La quantité de calorique la
divers corps n'est pas la même

Le calorique développé se m
dilatation qu'il opère dans les
mesure le thermomètre.

Tout ce vaste sujet est comp
l'objet de cet ouvrage.

Le calorique est libre ou géné
dans l'intérieur des corps.

CHAPITRE I

Questions relatives à nature du

§. 4. Le mot *calorique* a été fo
signifier la cause de la chaleur, av
tion, formellement exprimée, de
noncer sur sa nature *. On a voulu
décis si la chaleur étoit produite par
particulier, ou seulement par un
imprimé aux molécules des corps
troduction d'aucun fluide.

Plusieurs grands physiciens pr
n'y a aucun fluide particulier au

* Traité élém. de chimie par Lavoisi
Paris, 1793. T. I. p. 5.

SECTION II.

DES LOIS DE LA CHALEUR CROISSANTE ET DÉCROISSANTE.

Nous considérerons d'abord séparément le calorique qui entre dans un corps, et celui qui en sort. Ensuite nous combinerons ces deux effets.

CHAPITRE I.

Des lois de la chaleur entrante.

§. 26. LORSQU'UNE source de chaleur s'ouvre, les corps qui y sont exposés l'absorbent selon leur nature. Mais comme ils n'en reçoivent qu'une quantité finie en un tems fini, il leur faut un certain tems pour atteindre un degré donné de température.

§. 27. J'ai indiqué le résultat du calcul de ce tems pour le calorique libre, et en ayant égard à sa sortie aussi bien qu'à son entrée. Mais que le calorique soit libre ou gêné, s'il entre dans un lieu dont il ne ressort plus; la chaleur acquise par cette communication dépend du tems et de l'intensité de la source. C'est ce qui se vérifie même assez bien dans

[illegible] dans un même recueil trois mémoires [illegible], dont les deux premiers sont [illegible] intitulés, Considérations sur les nouvelles recherches du Comte de Rumford relatives au mode d'action du calorique, et le troisième, Résumé des considérations sur le mode d'action du calorique *.

§ II. Cette note historique n'est nullement destinée à maintenir mon droit de propriété sur la théorie que j'expose; car outre que ce seroit un objet de peu d'intérêt, ce droit a été reconnu par plusieurs physiciens justement célèbres **. Mais il m'a paru convenable de faire voir que la théorie de l'équilibre mobile, et ses nombreuses applications à la chaleur rayonnante, ne sont rien moins « qu'une hypothèse imaginée pour expliquer une expérience unique, ou pour éclaircir un fait nouveau, comme a paru le supposer un grand physicien ***.

Cette expérience unique, ce fait nouve

---

* *Ann. Chim. T.* XXVI. p. 13, 205, 309.

** *Je nommerai en particulier ici avec reconnoissance Mess. Pictet et Huéry. Il me seroit facile de citer [illegible], qui en ont usé de même.*

*** *Mémoires sur la chaleur par le C. de Rumford. Paris, 1804, p. 118.*

con

dans le tube, étoit proportionnel au nombre des miroirs; c'est-à-dire, que si un seul miroir avoit fait monter le mercure de 3 degrés, deux miroirs réunis le faisoient monter de 6, et trois miroirs de 9 degrés *. Quoique le rayonnement du thermomètre se mêle ici à l'action de la chaleur qui y entre, on peut envisager l'expérience comme concluante; parce qu'en chaque petit tems, l'excès de rayonnement est proportionnel à l'excès de chaleur que l'instrument vient d'acquérir. En déterminant l'échauffement que dut contracter la comète de 1680, l'auteur du *Système du monde* **, ajoute ces mots: « Si, comme tout porte à le penser, » sa chaleur est proportionnelle à l'intensité » de la lumière. » Enfin on ne peut refuser d'admettre, qu'en faisant abstraction du calorique sortant, plus il afflue et plus aussi le corps en possède; bien entendu que l'on parle toujours d'un même corps, ou de deux corps pareils et de même nature. Ainsi, *toutes choses d'ailleurs égales, le calorique entrant en un tems donné dans un corps est proportionnel à l'intensité de la source.*

---

* Mém. de l'Acad. des Sc. pour 1765. Nouvelles recherches etc., §§. 42 et 22.

** 3.e édit. p. 124.

§. 29. Continuant à ne pas tenir compte de la chaleur qui sort de ce même corps, et *supposant la source constante et immuable*, il est clair que *le calorique entrant doit être comme le tems pendant lequel le corps est soumis à son influence*; car chaque instant ajoute une quantité égale de calorique. L'action d'une force, ainsi que l'observe Mr. Æpinus *, est toujours proportionnelle au tems pendant lequel elle s'exerce. La vitesse acquise par un grave pendant sa chute est proportionnelle au tems pendant lequel il a été exposé aux coups de la pesanteur. Or la chaleur, entre certaines limites, peut être comparée aux forces de ce genre, c'est-à-dire, à celles dont les agens ne se nuisent point par leur action mutuelle : car le calorique est si subtil, ses élémens ont un diamètre si petit relativement à leurs distances; que leur accumulation, au point où elle a lieu dans les phénomènes le plus communément observés, n'apporte aucun obstacle au progrès de cette accumulation (§. 10.). Le calorique introduit dans un corps ne ferme pas le passage au nouveau calorique qui cherche à s'y introduire.

§. 30. Ainsi l'accumulation du calorique,

* Cogitationes de distributione caloris per tellurem, Adnot. *d*.

dans un lieu duquel il ne sort point, est toujours proportionnelle à l'intensité de la cause qui l'y fait entrer, multipliée par le tems pendant lequel cette cause agit. *La chaleur entrante est en raison composée du tems et de l'intensité.*

CHAPITRE II.

Des lois de la chaleur sortante.

§. 31. *Si la chaleur interne est maintenue constamment au même degré, la chaleur sortante, ou l'émission, est en raison composée de l'intensité de la chaleur interne et du tems.*

Le tems étant le même; un même espace, ou un même corps, deux fois plus chaud, lancera deux fois plus de rayons calorifiques. Et la chaleur restant la même, il lancera deux fois plus de rayons dans un tems double.

§. 32. Cela est évident lorsque le calorique est libre. Quant au calorique gêné, supposons d'abord le corps dont il s'agit plongé dans un espace vide et absolument froid. Quelles que soient les circonstances qui procurent l'arrivée du calorique intérieur à la surface du corps et son évasion dans l'espace; plus il y aura de

particules ou d'élémens du calorique captifs dans le corps, et plus aussi il s'en trouvera qui seront à portée de profiter de ces circonstances. Et de même, plus le tems sera long, plus aussi ces occasions seront fréquentes; car le calorique est tout composé d'élémens séparés, qui tentent sans cesse toutes les issues; et ces élémens sont si déliés, qu'ils ne s'entravent point l'un l'autre dans leurs mouvemens, ou que du moins leurs rencontres mutuelles sont très-rares, et ne valent pas qu'on en tienne compte (§. 10.).

§. 33. Supposons maintenant le corps plongé dans un milieu qui fait obstacle à la sortie du calorique (tel que l'air, par exemple). Ce milieu interceptera une certaine partie aliquote du courant de calorique rayonnant (par exemple, la dixième). Or nous pourrons dire du reste (des neuf dixièmes) tout ce que nous venons de dire du courant total.

§. 34. Ainsi dans tous les cas, dans un même corps, ou dans deux corps absolument pareils et de même nature, la chaleur sortante, ou le calorique rayonnant, est en raison composée de l'intensité de la chaleur interne, maintenue constante, et du tems pendant lequel le corps rayonne.

CHAPITRE III.

Des lois de l'échauffement et du refroidissement.

§. 35. Il est tres-difficile de confirmer, par des expériences directes, les lois de la chaleur entrante et celles de la chaleur sortante prises à part, parce que ces lois se compliquent mutuellement. Tous les corps à notre portée, étant plus ou moins chauds, rayonnent ; et lorsqu'on les expose à un courant de chaleur, on ne sauroit distinguer expérimentalement la chaleur entrante de la chaleur sortante. Or l'échauffement et le refroidissement ne sont que la différence de ces deux chaleurs. Cette différence n'est proportionnelle ni à la chaleur entrante, ni à la chaleur sortante, prises à part, si ce n'est par hasard dans quelques cas particuliers. Il faut donc analyser chaque expérience, et voir si les résultats sont conformes à ceux que donnent les lois que nous venons d'établir.

§. 36. Le cas le plus simple est celui dans lequel on mesure des tems égaux, et où l'on compare des échauffemens et refroidissemens, opérés par des sources d'intensité différente.

Pour bien comprendre ce cas, imaginons d'abord un corps absolument froid; puis exposons-le à une source de chaleur permanente et maintenue constamment au même degré d'intensité. Comme le corps reçoit, en un tems donné, une quantité de calorique proportionnelle à l'intensité de la source (§. 28.); et comme l'émission est toujours proportionnelle au calorique que le corps contient (§. 31.); il est certain que, dans un même tems, l'échauffement du corps (ou la différence entre ce qu'il a reçu et émis) doit être proportionnelle à l'intensité de la source.

§. 37. Maintenant supposons un corps chaud, mis en communication avec une source permanente de chaleur. Il se fait entre le corps et la source de mutuels échanges. Ces échanges sont égaux ou inégaux. Le cas d'égalité ne donne lieu à aucune remarque. Le cas d'inégalité offre deux cas distincts. Si la source fournit au corps plus que celui-ci ne reçoit d'elle, je divise l'émission de la source en deux portions, dont l'une est celle qui est égale à l'émission du corps, et l'autre est tout ce qu'elle contient d'excédant. Quant à la 1.ere portion, le corps et la source sont en équilibre; il n'y a rien à en dire. Et quant à la 2.de ou à l'excès, on peut dire que le

corps est comme absolument froid; ainsi ce cas rentre dans celui que nous venons de traiter. Supposons maintenant l'émission du corps plus considérable que celle de la source. C'est en ce cas dans l'émission du corps que je distingue deux portions, l'une égale à l'émission de la source, et l'autre qui est tout l'excès. Cette dernière partie se comporte comme feroit l'émission d'un corps chaud plongé dans un espace absolument froid. Nous avons vu qu'en tems égal cette émission est proportionnelle à l'intensité de la chaleur interne. Donc, dans tous les cas, *l'échauffement ou le refroidissement en tems égal est proportionnel à la différence entre la température de la source et du corps.*

§. 38. Tel est en effet le résultat des expériences directes faites à ce sujet par Richmann. Ce physicien a vu que, *dans les corps pareils* (qui ne diffèrent ni par les masses ni par les surfaces, ni par aucune autre circonstance étrangère capable d'influer ici), *l'échauffement ou le refroidissement d'un corps exposé à l'air* (*celui-ci étant maintenu constamment au même degré*) *est, en tems égal, proportionnel à la différence de leurs températures initiales* *.

* Nov. comm. Acad. Petrop. T. I. p. 191.

§. 39. Cette loi, obtenue par l'expérience directe sur de petits intervalles de tems, tels que cinq minutes, est par-là même prouvée, dans les circonstances de l'expérience, pour de plus grands intervalles multiples des premiers; et même on peut dire qu'elle se trouve prouvée suffisamment pour des intervalles de tems quelconques, entre les limites qu'indique le sujet. Car il faudroit des suppositions bizarres et extrêmement improbables, pour que la loi eût constamment lieu toutes les cinq minutes, et qu'elle n'eût pas lieu toutes les minutes, par exemple.

La loi générale est admise par Mr. Biot, et il la prend pour base de théorie dans le calcul de ses belles expériences sur la propagation de la chaleur *; expériences, dont les résultats très-variés ne s'écartent presque point du calcul **.

Ce premier accord de la théorie et de l'expérience est satisfaisant, et sera abondamment confirmé par les applications suivantes.

§. 40. Faisons varier le tems, et nous verrons découler de nos principes une loi fort importante à remarquer. Considérons d'abord le

* Bibl. brit. T. XXVII. p. 316.

** Ibid. Voyez le tableau, p. 328.

cas de l'échauffement, dans la supposition la plus simple, celle où un corps est placé dans un milieu plus chaud que lui et jouissant toujours d'une température constante. Divisons, comme nous le faisions tout-à-l'heure, la chaleur du milieu en deux portions, l'une égale à celle du corps et l'autre égale à la différence des deux chaleurs. Quant à la première, les échanges sont égaux entre le corps et le milieu, il y a équilibre. L'excès de chaleur du milieu peut donc être considéré seul; et, relativement à cet excès, le corps est absolument froid. Supposons qu'en une seconde, le corps reçoive la $\frac{1}{10}$ème partie de ce calorique. A la fin de cette seconde, l'excès ne sera plus que de $\frac{9}{10}$. La $\frac{1}{10}$ème de ce nouvel excès passera dans le corps pendant le cours de la 2.me seconde; et l'excès sera réduit aux $\frac{9}{10}$ des $\frac{9}{10}$. On voit, en suivant ce raisonnement, qu'à la fin de la 3.me seconde, l'excès sera la 3.me puissance de $\frac{9}{10}$. Et ainsi de suite. De manière que, les tems croissant selon la progression 0, 1, 2, 3, etc.; les différences décroissent selon celle-ci, 1, $\frac{9}{10}$, $(\frac{9}{10})^2$, $(\frac{9}{10})^3$, etc.

On déduit avec la même facilité, la même loi de refroidissement, pour un corps plongé dans un milieu plus froid que lui. Car en ce cas, on peut d'abord, comme ci-devant, faire

abstraction de la chaleur commune au corps et au milieu. Considérant donc l'excès seul et supposant le milieu absolument froid, nous verrons que l'émission du calorique doit enlever au corps à chaque instant une partie de sa chaleur interne proportionnelle à ce qui lui en reste. Si, par exemple, il perd la $\frac{1}{10}$ème de sa chaleur interne pendant un seul de ces instans indivisibles ; on conçoit qu'après le 1.er instant, il ne lui restera que les $\frac{9}{10}$èmes de sa chaleur primitive. Au 2.d instant les $\frac{9}{10}$ de ces $\frac{9}{10}$. Et ainsi de suite.

§. 41. L'expérience a confirmé cette loi. Newton l'a supposée dans ses essais comparés du refroidissement du fer. Et cette supposition a donné des résultats conformes à l'observation *. Richmann, employant à la fois ses propres expériences et celles de Krafft, l'a démontrée directement. Il l'a établie sous cette forme, qui est parfaitement claire et conforme à la marche que nous avons suivie dans le développement des conséquences de la théorie : *Dans un milieu d'une température constante, un corps s'échauffe ou se refroidit, de sorte que les différences de sa chaleur à celle du milieu sont en progression géométrique,*

* Newtoni Opusoula. T. II. p. 423.

tandis que les tems de l'échauffement ou du refroidissement sont en progression arithmétique *.

Cette loi a été également reconnue par un observateur postérieur, qui l'énonce sous une forme différente, mais exactement équivalente. « J'essayai », dit ce célèbre observateur, « de rechercher la loi du refroidissement » des corps chauds dans un milieu froid am- » biant, et j'eus lieu de conclure : Que, si » sur une ligne droite » etc. Ici l'auteur énonce sa loi à l'aide d'une figure, que le lecteur peut aisément suppléer. Sur une droite, servant de ligne des abscisses et représentant les tems, élevez des ordonnées perpendiculaires, représentant les différences de température du corps et du milieu à l'expiration de chaque tems; la courbe qui passera par les extrémités de ces ordonnées sera une logarithmique. « Ou si elle en diffère », ajoute cet observateur exact et scrupuleux, » ce sera de » si peu (surtout pour un petit nombre de » degrés, et par une température élevée de » 40° à 50° au-dessus du milieu ambiant), » qu'aucune erreur sensible ne pourra résulter

* Nov. Comm. Acad. Petrop. T. I. p. 195.

» de la supposition que cette courbe soit préci-
» sément la logarithmique » *.

Mr. Leslie a également reconnu et employé cette loi, comme on le verra par le détail de ses expériences, que je rapporterai dans la suite de cet ouvrage (§§. 186. 187.).

Je dois dire cependant que l'on trouve, dans les *Annales de chimie* (T. 46. p. 264.), quelques tables des expériences de Mr. Dalton sur le refroidissement d'un thermomètre échauffé à 600°, et laissé dans une chambre à 52°, puis observé de $\frac{1}{2}$ minute en $\frac{1}{2}$ minute, où les excès suivent une progression géométrique irrégulière. Pendant les premières $\frac{1}{2}$ minutes, la progression a pour exposant $\frac{3}{4}$; et pendant les dernières à peu près $\frac{5}{6}$. Quelque cause trouble-t-elle la loi au-delà de certaines limites?

* Mémoires sur la chaleur, par le C. Rumford, Paris, 1804. p. 12 et 13.

CHAPITRE IV.

Suite.

§. 42. Les lois de la chaleur croissante et décroissante, que nous avons exposées, sont d'une application claire et facile, parce qu'elles portent sur le premier degré de combinaison de l'immission et de l'émission. Je vais maintenant parler de quelques cas plus compliqués, et de quelques autres circonstances, qui influent sur l'échauffement et le refroidissement. Si l'intensité et le tems varient à la fois, les résultats deviennent d'une appréciation plus difficile.

§. 43. Supposons d'abord, comme ci-devant, une source constante (telle qu'un milieu), toujours maintenue au même degré; et un corps soumis à son influence. Bornons-nous à considérer le cas de l'échauffement de ce corps, supposé d'abord absolument froid. Faisons varier l'intensité de chaleur du milieu, de manière qu'en divers essais successifs, il lance des quantités de calorique, qui soient entr'elles comme les nombres 1, 2, 3, ... *n*. Feignons qu'on observe leurs différens effets sur ce corps, sans s'attacher à mesurer des tems

égaux ; mais avec le dessein d'estimer ces effets et de les comparer entr'eux.

Pour chaque source considérée à part, il s'établira une progression géométrique décroissante, dont les termes représenteront les différences successives de température du corps et du milieu en tems égaux. Ces suites finiront toujours par atteindre dans leurs derniers termes la température de la source à une très-petite quantité près. Et cette quantité pourra être prise arbitrairement, ou déterminée par la nature des instrumens mensurateurs de la température.

§. 44. Les choses étant conçues ainsi, on demande : Laquelle des sources de chaleur, amènera le plus vite le corps froid à sa propre température ? Je réponds que c'est la source la moins chaude. En effet soient deux milieux dont les intensités de chaleur soient entr'elles comme 1 est à 2. Soient deux corps pareils plongés simultanément, l'un dans un de ces milieux, l'autre dans l'autre. Soit α, le minimum d'accroissement de chaleur que nos instrumens peuvent rendre sensible. Je considère l'intensité double du milieu le plus chaud comme deux intensités simples ; c'est-à-dire, que je partage son calorique en deux portions égales. Chacune de ces portions agissant sans

troubler l'autre ; il est clair que, d'instant en instant, tous les effets sont doublés. Lors donc que le milieu, dont l'intensité est $= 1$, aura porté le corps qu'il entoure au point d'égaler sa propre température sensiblement, c'est-à-dire, au point de n'en différer que de la quantité α; le milieu, dont la chaleur est $= 2$, aura porté le corps qu'il entoure au point de ne différer de sa propre température que de la quantité 2α. Donc il y aura encore pour ce dernier corps, dans les momens suivans, des accroissemens de chaleur sensibles à nos instrumens. C'est-à-dire, que lorsque le corps exposé à la source la moins chaude aura paru avoir atteint son maximum de chaleur, le corps exposé à la source la plus chaude ne l'aura pas encore atteint ; ou en d'autres termes : *de deux corps pareils, exposés à l'action de deux sources d'inégale chaleur, celui qui est exposé à la source la moins chaude atteindra son maximum sensible plus tôt que celui qui est exposé à la source la plus chaude* *.

* Tout cela est dit en supposant que l'observateur juge le terme atteint, lorsqu'en un tems donné, pris pour base constante, il n'observe aucun accroissement. Il n'est pas difficile de passer de cette supposition à d'autres. Mais je n'emploierai que celle-là.

§. 45. Dans les cas précédens, il y a toujours une quantité constante; savoir, la température du milieu. On peut demander la loi de l'échauffement ou refroidissement, dans le cas où les deux corps, mis en communication, seroient également exposés à changer de température.

Pour arriver à la solution de ce cas compliqué, il faut considérer ces deux corps comme égaux, et comme tellement isolés et garantis de toute autre influence, qu'ils ne gagnent ou perdent de la chaleur, qu'en vertu de leur communication mutuelle.

Cette communication se faisant selon les lois propres à la chaleur rayonnante que nous avons exposées ci-dessus, voici les formules qui donneront la solution désirée.

Soit a, l'excès de chaleur d'un des corps sur la chaleur de l'autre.

$\frac{1}{p}$, l'aliquote de chaleur perdue par le rayonnement dans un instant.

n, la durée de l'échauffement.

e, la quantité de chaleur acquise, pendant le tems n, par le moins chaud; soit l'échauffement de celui-ci, le refroidissement de celui-là.

Formules.

$$e = \frac{a}{2}\left(1 - \left(\frac{p-2}{p}\right)^n\right)$$

$$n = \frac{log.\ a - log.\ (a - 2e)}{log.\ p - log.\ (p-2)}$$

§. 46. Maintenant, pour nous rapprocher de la nature, supposons que les corps mis en expérience ne se communiquent qu'une partie de leur chaleur, tandis que le reste rayonne dans l'espace.

Soient a et *zéro*, les chaleurs de deux corps, égaux et semblables, au premier instant de leur communication ; $\frac{1}{p}$, la partie aliquote de sa chaleur absolue que l'un et l'autre perd dans un instant par le rayonnement ; $\frac{1}{q}$, la partie aliquote du rayonnement d'un corps pendant un instant, qui est reçue par l'autre corps ; et partant $\frac{q-1}{q}$, celle qui se perd dans l'espace.

Après n instans, la chaleur du corps primitivement chaud est réduite à

$$\frac{a}{2}\left(\left[\frac{p-1}{p} + \frac{1}{pq}\right]^n + \left[\frac{p-1}{p} + \frac{1}{pq}\right]^n\right)$$

Celle du corps échauffé est

$$\frac{a}{2}\left(\left[\frac{p-1}{p} + \frac{1}{pq}\right] - \left[\frac{p-1}{p} - \frac{1}{pq}\right]^n\right)$$

En sorte que la quantité de chaleur perdue dans l'espace est

$$a\left(1-\left[\frac{p-1}{p}+\frac{1}{pq}\right]^n\right)$$

§. 47. Ces formules (des §§. 45 et 46.) m'ont été fournies par Mr. de Végobre *, de qui j'aurai occasion de citer encore une utile remarque (§. 283.).

Je ne connois pas d'expériences, faites avec soin, auxquelles ces formules s'appliquent directement. On peut cependant les comparer aux résultats obtenus par Richmann **, et peut-être à ceux qu'ont rassemblés des observateurs plus récens. Car ces formules, étant générales, contiennent tous les cas particuliers sous les mêmes conditions, c'est-à-dire abstraction faite des différences de nature, de surfaces, de masses, etc.

§. 48. On voit, à la simple inspection de ces formules, qu'à supposer le tems constant et l'émission une aliquote constante de la chaleur interne; l'échauffement est, dans tous les cas, proportionnel à la différence initiale entre les températures. D'où il suit qu'*à mesure qu'un*

---

* Et il a vérifié que la première de ces formules étoit conforme à celles de G. L. Le Sage (§ 22.).

** Nov. Comm. Acad. Petrop. T. I. p. 195.

corps s'échauffe ou se refroidit, les progrès de son changement de température deviennent plus lents en tems égal. Loi très-facile à observer dans les expériences journalières les plus communes, et qui est souvent employée en physique.

§. 49. Dans la rigueur mathématique, le tems nécessaire pour rétablir l'équilibre entre deux corps d'inégale température est infini; et c'est ce qu'indique la seconde formule. Car, si l'on y fait $e = \frac{a}{2}$, le numérateur y devient infini par la soustraction du logarithme de *zéro*, qui est un infini négatif. Il n'est pas nécessaire de faire remarquer comment ce résultat rigoureux est modifié par l'expérience.

§. 50. Selon Richmann, *les refroidissemens dans l'air, abstraction faite des autres rapports, sont directement comme les surfaces et inversement comme les masses* *. Cela n'est vrai qu'en tant que les corps et les surfaces sont exactement de même nature.

§. 51. La loi de *l'inverse du carré de la distance du corps chaud* sembleroit devoir se vérifier ici, comme dans tous les cas où il s'agit de l'action d'une force qui se propage d'un

---

* Nov. Comm. Acad. Petrop. T. I. p. 191.

centre. Mais l'interception du calorique par l'air doit troubler cette loi. Il peut y avoir encore d'autres causes d'anomalie. Mr. Leslie a fait quelques expériences qui se rapportent à ce sujet, et que nous discuterons (§§. 177 et suiv.).

SECTION III.

De la transmission et de l'interception de la chaleur, observées dans le cas de l'échauffement seulement.

§. 52. Cette section est destinée à l'examen de quelques expériences, par lesquelles on a tenté d'apprécier la transmission et l'interception du calorique, opérées par différens corps; ces corps étant soumis à l'action d'une source de chaleur, supérieure à celle de l'écran, et à celle du milieu. Les expériences que j'y discuterai sont celles de Mr. Pictet et celles de Mr. Herschell. Celles-ci sont consignées dans les Transactions philosophiques pour 1800. Je n'entrerai pas à cet égard dans autant de détail que je l'ai fait ailleurs *; mais j'en dirai

* Dans un mémoire intitulé : *Quelques remarques sur la chaleur et sur l'action des corps qui l'interceptent.* Trans. phil. pour 1802. p. 403.

assez pour montrer que les résultats de ces expériences dépendent des principes posés ci-dessus. J'aurai d'ailleurs à revenir sur ce sujet, en exposant les expériences de Mr. Leslie (§. 151 et suiv.).

CHAPITRE PREMIER.

Premières tentatives pour estimer la transmission du calorique à travers des écrans de diverses sortes.

§. 53. UNE des premières tentatives faites dans le but d'apprécier la transmission du calorique par le verre, se trouve décrite dans l'*Essai sur le feu* de Mr. Pictet *. Un thermomètre très-sensible, étant exposé à la chaleur concentrée d'une bougie, étoit monté de 2 degrés à 12. On interposa un carreau de verre bien transparent; et en neuf minutes le thermomètre descendit à 5°,7. En supprimant le carreau, le thermomètre remonta en sept minutes à 11°,1.

§. 54. L'observateur ayant substitué à la

---

* §§. 52 et suiv. — Scheele avoit déjà fait sur ce sujet quelques observations, que j'ai mentionnées ci-dessus (§. 1.).

bougie un matras rempli d'eau bouillante, éprouva des écrans de diverses sortes. Il se procura une glace de miroir plan, étamée et aussi mince qu'il put la trouver. « Cette glace » offroit deux substances en parfait contact ; » un verre plan, dont les deux surfaces étoient » semblables ; et une lame très-mince d'amal- » game, dont la surface en contact avec le » verre avoit tout le poli qu'on voit aux miroirs » ordinaires, et la surface postérieure offroit » le blanc mat de l'étain amalgamé avec le » mercure. La glace étoit placée de façon à » intercepter l'émanation calorifique à son pas- » sage » etc. Voici maintenant les résultats des expériences faites avec cette espèce d'écran. « Le côté poli du miroir étant tourné vers le » matras, l'ascension moyenne du thermo- » mètre d'air fut seulement de 0'5 de degré. — » Le côté terne ou le dos du miroir faisant face » au matras, l'ascension moyenne fut de 3,5 » degrés. »

L'observateur explique le phénomène bien naturellement par cette phrase : « On voit » que de deux surfaces blanches, celle qui est » polie réfléchit plus efficacement la chaleur » que celle qui est terne. »

§. 55. » Je noircis ensuite, » ajoute-t-il, « avec » de l'encre de la Chine et quelque peu de

» fumée, la surface postérieure du miroir, et » je répétai la même expérience. »

» Le côté poli du miroir étant tourné vers » le matras, l'ascension fut de 3 degrés. »

» Le dos noirci tourné vers ce même matras, » l'ascension fut de 9,2 degrés. »

» On voit ici une différence bien notable » dans la transmission de la chaleur; cette dif- » férence est de 6,2 degrés, à l'avantage de la » position dans laquelle la face noire est di- » rigée du côté de l'émanation. » . . . . .

» Je voulus savoir ensuite, » continue cet habile physicien, « pour combien l'étamage » et la couche de noir contribuoient à inter- » cepter la chaleur; et immédiatement après » la dernière expérience dont je viens de rendre » compte, j'enlevai tout l'étamage de la glace, » et je recommençai l'expérience. »

» L'ascension du thermomètre fut cette fois » de 18 degrés, c'est-à-dire, d'environ 9 » degrés plus considérable avec la glace sans » étamage, qu'avec la glace étamée, le côté » noir étant tourné vers le matras; et elle ex- » céda de 15 degrés celle qui avoit lieu lorsque » le côté poli de l'étamage étoit tourné vers le » matras. »

» Ce verre transparent interceptoit encore » bien puissamment la chaleur, car lorsqu'on

» l'enlevoit, ... il montoit si rapidement, » qu'en quelques secondes, la liqueur seroit » sortie du tube si l'on eût laissé l'appareil ainsi » disposé. »

» Je substituai ensuite à la glace un carton » blanc, mince, des mêmes dimensions qu'elle, » pour comparer son effet avec celui du verre. »

» Le thermomètre monta de 10 degrés, » c'est-à-dire, que l'effet de ce carton étoit à » peu près le même que celui de la glace éta- » mée et noircie, le côté noir étant tourné » vers le matras. »

§. 56. J'ai rappelé ici cette suite d'expériences sur la transmission, pour faire remarquer que, dès l'époque de la publication de l'*Essai sur le feu*, Mr. Pictet avoit observé plusieurs résultats importans, relatifs à la transmission de la chaleur, qui ont été dès lors mesurés avec beaucoup de soin, et qui se sont vérifiés dans le cas du refroidissement comme dans le cas de l'échauffement. Mais je reprendrai ce sujet dans la section suivante.

§. 57. On peut seulement observer ici que Mr. Pictet attribuoit dès lors à la plus grande réflexion des surfaces polies, la plus grande interception d'un même écran présentant à la source une face de cette espèce. « La diffé- » rence de l'effet sur le thermomètre dans les

» deux cas », dit-il, » indiquoit laquelle de » ces deux positions interceptoit ou réfléchis- » soit plus efficacement la chaleur; on sent » que, dans ce cas particulier où la substance » intermédiaire restoit la même, ces deux ex- » pressions sont synonymes, vu que la quan- » tité absorbée par cette substance, devoit se » trouver la même, et que la quantité non- » transmise devoit être par conséquent réflé- » chie. »

§. 58. Il ne paroît pas qu'à cette époque, ni assez long-tems depuis, on ait donné à la chaleur absorbée par l'écran, ou en d'autres termes à l'échauffement de l'écran, toute l'attention qu'il convient d'y donner *. L'effet de cet échauffement est, comme on sent, de produire un rayonnement. Et ce rayonnement, agissant sur le thermomètre du côté opposé à la source, contribue essentiellement au mouvement de cet instrument. Cela va même au point de pouvoir expliquer en entier le phénomène, et de laisser douteux, dans la plupart des expériences, s'il y a aucune transmission

* Je lis dans un journal anglois que le professeur Robison d'Édimbourg a remarqué qu'une feuille de verre, placée entre le feu et le visage, intercepte les rayons du calorique jusqu'à ce qu'elle en soit saturée. *Monthly Review, April 1803. p. 417.*

[illegible] comme je l'ai dit et [illegible] quelques années, à l'occa- [illegible] Mr. Herschel *, [illegible] suivant, un ex- [illegible] influence [illegible] sans [illegible] sans doute [illegible] marque. [illegible]

[illegible]

[illegible]

---

* [illegible]

écarte soigneusement toutes les causes qui pourroient influer ici ; et l'on aura une idée de cet appareil, construit avec tout le soin et toute la sagacité qu'on a droit d'attendre d'un excellent observateur.

§. 60. Ce physicien a fait, avec cet appareil, un grand nombre d'expériences, toutes de même forme. Chacune d'elles offre six observations, pour chacun des deux thermomètres. La 1.ere observation indique le degré au commencement de l'expérience, et avant que la source de chaleur ait pu agir; les autres indiquent successivement, de minute en minute, les degrés de la chaleur croissante, jusqu'à la 5.eme minute, époque où finit l'expérience *. Ces nombreuses expériences ne diffèrent entr'elles, que par la nature du corps dont est formée la lame interceptante, ou par la nature de la source de chaleur, qui est employée.

§. 61. A la fin de chaque expérience, l'auteur en donne le résultat. Pour cet effet, il retranche le degré initial du degré final ; et faisant séparément cette soustraction pour chacun des deux thermomètres, il se borne

* Quelques-unes de ces expériences n'ont duré que trois minutes: je ne citerai pas cette classe d'expériences, c'est pourquoi j'emploie ici une expression générale.

à comparer les restes, pour en conclure transmission.

§. 62. Voici le détail de la 1.ere des expé riences de ce genre, qui est la 24.eme d l'ouvrage.

		Au soleil direct.	A travers un verre blanc bleuâtı
A	0′	67°	67°
	1	$68\frac{5}{4}$	$68\frac{1}{8}$
	2	$70\frac{1}{8}$	$69\frac{1}{8}$
	3	$71\frac{5}{8}$	70
	4	$72\frac{5}{8}$	$70\frac{7}{8}$
	5	73	$71\frac{1}{2}$

Soustrayant donc le degré initial du degı final, on a, au soleil direct, 6° de chaleı acquise; tandis qu'à travers le verre, on n'e a que $4\frac{1}{2}$. Le rapport de ce dernier nomb au premier représente la transmission par verre. C'est en millièmes 0'750; dont le con plément, 0'250, exprime les rayons inte ceptés. Tel est le calcul de l'expérience, selc la méthode employée par l'auteur. J'en vı encore donner deux exemples.

§. 63. Voici la 2.de expérience de cet suite. C'est la 25.eme de l'ouvrage. Elle a é faite avec les mêmes thermomètres que précédente.

Degı

Degrés observés.

		Au soleil libre.	A travers le flint-glass.
B	0′		
	1	$69\frac{3}{4}$	$69\frac{3}{4}$
	2	$71\frac{1}{4}$	71
	3	$72\frac{5}{8}$	$72\frac{1}{8}$
	4	$74\frac{1}{8}$	$73\frac{7}{8}$
	5	$74\frac{7}{8}$	74
		$75\frac{1}{4}$	$74\frac{3}{4}$
		$5\frac{1}{2} : 5 = 0'909$	

§. 64. Il y a une 3.eme expérience dont l'observateur donne le détail. C'est la 122.eme de l'ouvrage. Elle a été faite avec une lame de talc, sous l'influence d'un feu de charbon bien ménagé. En voici les résultats donnés par l'auteur.

Degrés observés.

		Au feu libre.	A travers la talc.
C	0′		
	1	65	65
	2	72	67
	3	77	$68\frac{3}{4}$
	4	$80\frac{1}{2}$	$69\frac{1}{2}$
	5	83	70
		85	$70\frac{3}{4}$
		$20 : 5\frac{3}{4} = 0'287$	

ans cette expérience, les thermomètres em-
és sont l'un et l'autre différens de ceux qui
ervi aux deux expériences précédentes.
re ces expériences détaillées, l'auteur

en rapporte un très-grand nombre en simple résumé, dont je ne m'occuperai pas ici *.

CHAPITRE III.

Discussion des expériences précédentes.

§. 65. Je mets de côté le calcul de la transmission, fait par la méthode dont je viens de rendre compte : parce qu'il n'est pas fondé sur la loi d'échauffement que nous avons reconnu avoir lieu dans la nature (§. 40.). Et en effet il n'est pas difficile de voir, que les résultats de cette méthode présentent des anomalies bizarres. En particulier la transmission y paroît suivre quelque fonction du tems. A la 1.ere minute, le verre sembleroit, par cette méthode, intercepter plus de rayons qu'à la 2.de ; plus à la 2.de, qu'à la 3.eme ; etc., contre toute vraisemblance. Mais ne nous occupons pas des difficultés d'une marche que son illustre auteur a très-probablement abandonnée, et attachons-nous à appliquer nos principes à ces faits intéressans.

§. 66. Discutons d'abord la 1.ere expérience

---

* Je les ai discutées dans le mémoire cité ci-dessus.

(la 24.ème de l'ouvrage), celle que j'ai désignée par la lettre A (§. 62.).

Dans toutes ces expériences, les tems croissent en progression arithmétique, 0, 1, 2, 3, 4, 5. Par conséquent, les différences de chaleur du thermomètre et du milieu doivent décroître en progression géométrique (§. 40.). Dans l'expérience A, les degrés observés au thermomètre exposé à la chaleur libre du soleil sont, au commencement des trois premières minutes, 67, 68 $\frac{3}{4}$, 70 $\frac{1}{8}$; ou en huitièmes de degrés, 536, 550, 561. Maintenant, si l'on suppose que la température du rayon solaire ait été (en huitièmes de degré) = 601; on trouvera que les différences de la chaleur du thermomètre à celle du milieu, savoir 65, 51, 40, sont en progression géométrique; ce qu'on n'obtiendra par aucun autre nombre. La loi prescrite nous force donc d'admettre ce nombre, pour l'expression de la chaleur du milieu où étoit placé le thermomètre. Cela étant, nous calculerons les termes suivans de la progression, nous en conclurons les degrés du thermomètre pour les minutes suivantes, et nous les comparerons aux degrés observés. C'est l'objet de la petite table suivante, où tous les nombres expriment des huitièmes de degré.

Chaleur du milieu, conclue des 3 premiers termes. . . . 601.

	Degrés observés.	Degrés calculés.	Différences en progr. géom.
0'	536	536	65
1	550	550	51
2	561	561	40
3	571	570	31
4	579	576	25
5	584	582	19

On peut observer, que les trois derniers degrés calculés sont d'accord avec les degrés observés, avec un écart de moins de trois huitièmes *.

§. 67. Maintenant nous allons faire la même opération pour les observations collatérales, faites avec le thermomètre que garantissoit un peu une lame de verre blanc bleuâtre (§. 62.). Mais il y a ici une remarque à faire : la progression des différences du premier thermomètre et du milieu a pour quotient $\frac{65}{51}$; il convient d'examiner si celle du second thermomètre doit avoir le même quotient. Or il paroît qu'en effet cela doit être ainsi ; car ce second thermomètre part du même point, son échelle d'échauffement est comprise en entier dans celle du premier thermomètre, et ces deux

* Comme on le verra, si on reprend le calcul en tenant compte des fractions de degré inférieures à $\frac{1}{8}$.ème

instrumens ont été choisis avec une attention scrupuleuse, de manière à avoir précisément la même sensibilité. Ainsi par un même accroissement de chaleur, chacun d'eux, en même tems, se meut d'une même quantité. Si, par exemple, la température du milieu excède, de part et d'autre, celle du thermomètre de 65 huitièmes de degré; on doit s'attendre que l'un et l'autre, en une minute, en acquerra 14, et ne différera plus de la source que de 51 huitièmes de degré. Mais, en chaque thermomètre, cette proportion étant constante dans les échauffemens subséquens (d'après la loi), il est clair que le quotient ou exposant est le même pour les deux thermomètres, dans toute l'étendue de la progression.

§. 68 Il n'en seroit pas ainsi, si les thermomètres n'étoient pas également sensibles. Par conséquent, en passant d'une expérience à l'autre, il conviendra de remarquer si les thermomètres ont changé; et, en ce cas, de chercher de nouveau le quotient de la progression.

§. 69. J'en viens enfin à la partie de l'expérience A, qui nous reste à examiner. Il s'agit du thermomètre garanti de l'action du soleil par une lame de verre blanc bleuâtre. Prenant donc les deux premiers nombres donnés par l'observation, savoir, ceux qui répondent au

§. 75. Supposons qu'on présente un verre épais à un foyer de chaleur. Il s'échauffera du côté du feu ; et conduisant mal la chaleur, il restera quelque tems froid du côté opposé. Ainsi, pendant la 1.re minute peut-être, un thermomètre, placé de ce dernier côté, n'accuseroit aucun échauffement; mais peu à peu, dans les suivantes, cet échauffement se feroit sentir. Je présume que c'est ainsi que les choses se sont passées dans les deux premières expériences, A, B, et en particulier dans la seconde, B (§. 62.). Dans celle-ci, la lame de *flint-glass* avoit environ trois lignes d'épaisseur. L'observateur donne cette mesure, tandis qu'il ne dit rien de l'épaisseur des autres lames. Il est probable que celles-ci étoient plus minces, en particulier celle de talc ; et cela pourroit expliquer la régularité de l'une de ces expériences, et l'irrégularité de l'autre.

§. 76. Joignez à cela que, dans la 3.eme expérience, C, la source de chaleur (le feu de charbon) avoit plus d'intensité, ou d'activité, que celle (les rayons solaires) qui agissoit dans les deux autres ; puisque, dans le même espace de cinq minutes, elle a amené le thermomètre libre de 65° à 85 ; tandis que le thermomètre libre, dans les deux autres expé-périences, n'a monté que de 5 ou 6 degrés,

compris entre ces extrêmes. Or il est probable, que si deux lames sont de même nature et de même épaisseur, mais que l'une soit exposée à une chaleur forte et l'autre à une chaleur foible ; la première sera traversée plus tôt que la seconde par la chaleur accumulée : en sorte que touchant, à la fin de la 1.ere minute, par exemple, la face non exposée de chacune des deux lames, il se pourra faire qu'on sente l'une froide et l'autre chaude.

§. 77. Par deux raisons donc, l'expérience 3.eme, C, a dû offrir des résultats réguliers ; 1. parce que probablement la lame étoit mince, 2. parce que la source de chaleur étoit grande; d'où il résultoit, que la chaleur accumulée l'avoit traversée dès la fin de la 1.ere minute : en sorte que l'accumulation et le rayonnement qui en est la suite, croissoient de minute en minute, selon la même loi d'échauffement selon laquelle s'échauffoit d'ailleurs la boule du thermomètre ; si quelque chaleur étoit transmise sans obstacle.

§. 78. Et si la 2de. expérience, B, offre plus d'irrégularités que la 1.ere, A ; cela pourroit bien tenir en partie à la plus grande épaisseur du *flint-glass*. Cependant d'un côté, nous ne pouvons rien affirmer sur l'épaisseur du verre blanc bleuâtre, qui n'est pas indiquée ; et de

l'autre, l'échauffement au soleil libre offre, dans cette même expérience, B, des écarts, qui vont jusqu'à 6 huitièmes de degré (§. 62.). Pourroit-on les attribuer à quelque légère variation dans la source même de chaleur, pendant le cours de l'expérience?

§. 79. Je pense en avoir dit assez, pour rendre probable la cause à laquelle j'attribue cette espèce d'irrégularité apparente, qui consiste dans l'accélération de l'échauffement du thermomètre garanti. Cette cause doit avoir été l'inégale action de la chaleur accumulée sur le corps interceptant, au commencement et à la fin de l'expérience.

§. 80. Il résulte de ces considérations, et de la distinction entre les deux chaleurs, transmise et accumulée, que l'interception calculée ci-dessus, dans chacune des trois expériences que nous avons rapportées (§. 62.), n'est, à proprement parler, qu'une limite en dessous, et laisse indéterminée la limite supérieure. Car, comme nous ne savons point le rapport des deux chaleurs, transmise et accumulée, nous ne pouvons point déterminer l'influence de chacune d'elles sur le résultat. Si la chaleur librement transmise agissoit seule, nous aurions une progression régulière de différences, comme on l'a au soleil et au feu libre; les

CHAPITRE III.

...ation de ce double phénomène.

réflexion de la chaleur et la ré-
...froid s'expliquent, dans la théorie
...re mobile, avec une égale facilité.
...s, dans l'appareil à double miroir,
... placés, l'un à un foyer, et l'autre
Que ces corps soient pareils et dans
...nstances absolument semblables à
...ds.

...bord, que ces corps soient d'égales
...tures. Ils feront entr'eux des échanges
Il y aura équilibre. Si ces corps sont
...oules de thermomètre, leur radiation
...lle ne les affectera point. Les deux ther-
...tres resteront immobiles.

...ulte supposons que l'on échauffe l'un de
...eux corps focaux, que l'on y verse du
...eau calorique. Aussitôt cet excès com-
...cera à rayonner. Et ...oie de la double
...ion, il en parvi... ...e grande partie
...autre corps focal. ...i n'enverra rien
...échange de cet e... ...y aura donc pour
...plus de caloriq... ...que de calorique
...mis. Il s'échauffe... ...c'est une boule de
...nètre. ...nt montera.

La progression des différences a ici pour quotient $\frac{7}{5}$, au lieu de $\frac{65}{51}$. Ainsi les thermomètres recevoient, en tems égal, de la source calorifique, une aliquote de chaleur un peu moindre que les précédens. Cependant la différence n'est pas très-considérable. Du reste, on peut bien dire que, dans cette expérience, le calcul et l'observation sont parfaitement d'accord. Ce n'e[illegible] la peine de remarquer des différences aussi petites, et qui seroient encore plus insensibles, si j'avois tenu compte des fractions de degré inférieures à un huitième, ce que je n'ai pas cru devoir faire. Cet accord est d'autant plus remarquable, que c'est précisément ici l'expérience qui a offert quelque chose de particulier, d'où l'on auroit pu craindre quelque irrégularité dans les résultats. Le talc s'est calciné par l'action du feu, dans le cours de l'expérience; et de transparent qu'il étoit, il est devenu parfaitement opaque. Néanmoins il paroît que l'action de la chaleur sous le talc, de minute en minute, a suivi un cours parfaitement régulier et uniforme. En voici le calcul :

Rapport des deux chaleurs..... 716 : 576.
Interception . . . . . 0'196

§. 74. Tels sont les résultats que nous offrent les trois expériences dont l'auteur a consigné

nouvelle (comme il semble que cela a lieu dans les boules d'argile échauffées au feu d'un foyer)?

§. 83. Quoiqu'il en soit, comme ceci n'intéresse point l'échauffement au soleil et au feu libre, nous pouvons du moins examiner ce cas. J'y joindrai le calcul de l'échauffement sous le talc, à cause de sa régularité, qui semble indiquer que, dans les termes suivans, la progression auroit été constante.

§. 84. Comme l'observateur tient compte des huitièmes de degré, et non d'aucune fraction moindre, l'échauffement paroîtra fini plus tôt qu'il ne l'est réellement. Ainsi, vers la fin, on ne remarquera plus de différence sensible pendant une minute; mais, en attendant deux ou trois minutes, cet accroissement se fera remarquer. Je trouve que, dans la 1.ere expérience, A, au soleil libre, le thermomètre auroit continué jusqu'à la 12.eme minute d'accuser, de minute en minute, un accroissement de chaleur sensible : il auroit alors marqué 598 huitièmes de degré. Il se seroit passé encore quelques minutes, avant que le thermomètre eût acquis sensiblement (c'est-à-dire, à un huitième près) la chaleur totale de la source, qui, selon notre calcul (§. 66.), étoit de 601 huitièmes de degré.

§. 85. Je laisse l'expérience faite avec le *flint-glass*, B, à cause de son irrégularité.

§. 86. Celle où le talc a été employé, C, nous fait voir, qu'au feu libre, il auroit aussi fallu 12', pour amener le thermomètre si près de la température du milieu, que l'échauffement, en une minute, fût devenu insensible (c'est-à-dire, moindre qu'un huitième de degré). A cette époque, il n'auroit différé que d'environ 3 huitièmes de degré de la température du milieu, qu'il auroit assez vite atteinte.

§. 87. Dans cette même expérience, le thermomètre couvert de la lame de talc n'auroit requis que 9', pour arriver au terme auquel une minute de plus ne produit aucun effet sensible. A cette époque, la chaleur du thermomètre auroit différé de celle du milieu d'un peu moins de 3 huitièmes de degré; et 3 minutes après, c'est-à-dire, à la 12.ème minute de l'expérience, ces deux chaleurs n'auroient pas différé sensiblement; je veux dire, qu'elles auroient différé d'une quantité moindre qu'un huitième de degré, qui est la fraction la plus petite dont l'observateur ait tenu compte.

§. 88. On a ici la confirmation d'une loi que nous avons remarquée (§. 44.). L'échauffement par la source la moins chaude se termine sensiblement plus tôt que l'échauffement par la source la plus chaude.

§. 89. Il est bien vrai qu'il n'en est pas de même si l'on compare l'échauffement par le feu libre à l'échauffement par le soleil libre. Celui-ci, dans l'expérience A, provenoit d'une source moins chaude que celui-là, dans l'expérience C (§. 62.). Et cependant les deux échauffemens seroient parvenus en même tems à leur maximum sensible. Mais il faut remarquer que les thermomètres, dans ces deux expériences, n'étoient pas pareils; et que comme celui de l'expérience C recevoit plus de calorique en tems donné (§. 73.), il n'est pas étonnant que son échauffement en ait été accéléré. On voit même clairement que si, malgré cette circonstance, il n'a pas été plus rapide que celui de l'expérience A; c'est précisément parce que, d'après la loi, il devoit être d'ailleurs plus retardé.

§. 90. En conséquence de toutes nos distinctions et explications précédentes, je me demande: quels sont les phénomènes successifs que doit offrir un thermomètre placé derrière une lame interceptante? 1. Au premier instant, la chaleur transmise doit agir; mais probablement elle n'est qu'une foible aliquote de la source de chaleur qui atteint la lame. 2. Bientôt la chaleur absorbée par la lame s'y accumule assez pour rayonner, et envoyer au

sorbent. L'analogie peut faire appliquer au calorique rayonnant la théorie de la lumière réfractée et réfléchie, du moins entre certaines limites, qui doivent être marquées par l'expérience. Les expériences de Mrs. Pictet, Herschel, Rumford, et Leslie, peuvent, à cet égard, nous servir de guides.

§. 103. On distingue les réflecteurs en parfaits et imparfaits. Lorsqu'il est question d'un réflecteur imparfait, la manière la plus simple de le considérer est de le diviser mentalement en deux surfaces; l'une réflecteur parfait; l'autre, non-réflecteur. Cela étant entendu, tout ce qu'on dira de la réflexion opérée par les réflecteurs parfaits sera dit aussi de celle qu'opèrent les imparfaits; avec cette seule différence, qu'à même étendue de surface, les effets produits par les réflecteurs parfaits seront plus considérables, que ceux qu'on obtient par les imparfaits; comme aussi les effets produits par les non-réflecteurs, dans leur genre, seront supérieurs à ces mêmes effets produits par ceux qui ne sont qu'imparfaitement non-réflecteurs. Et cette différence sera, pour les réflecteurs, proportionnelle à la différence de la surface entière à sa partie réfléchissante.

§. 104. Ces remarques préliminaires trouveront dans peu leur application. Mais il faut auparavant

chis, lorsqu'il s'agit d'estimer l'échauffement de la lame interceptante.

Le thermomètre placé sous le verre reçoit donc, 1. les rayons transmis instantanément; 2. les émanations de la chaleur accumulée dans le verre. Mais il ne reçoit pas les rayons réfléchis; et la chaleur du verre a un maximum moins élevé, que si le verre étoit plongé dans un milieu de même chaleur que la source.

§. 91. Il faut modifier par ces dernières remarques une expression, que nous avons employée constamment dans le cours de cette discussion. Lorsque nous avons parlé de la chaleur de la source, à laquelle le verre ou le talc étoit exposé; lorsque nous avons calculé l'intensité de cette chaleur, et lorsque nous avons supposé que le thermomètre placé sous le verre y pourroit atteindre; nous avons toujours voulu parler de la source de chaleur qui est efficace, déduction faite des rayons réfléchis, et qui agit sur le corps qu'on y expose comme s'il étoit plongé dans un milieu de la température indiquée.

Les expériences de Mr. Leslie, que je rapporterai ci-dessous, offrent sur la transmission et l'interception de la chaleur divers faits intéressans (§. 151. et suiv.).

§. 92. La théorie précédente présente,

comme on voit, en tout échauffement, trois espèces de chaleur. La 1.re est celle qui est immédiatement reçue, dans un instant donné, par le corps qui s'échauffe. La 2.de est la chaleur accumulée et emmagasinée dans ce même corps, en vertu de l'échauffement qui a eu lieu dans les instans précédens. La 3.eme est la chaleur rayonnante, qui est l'effet des deux précédentes, et qui sort incessamment du corps, à mesure que les autres y entrent.

La considération de ces trois chaleurs distinctes a de l'influence dans plusieurs phénomènes.

SECTION IV.

De la réflexion du calorique.

CHAPITRE I.

Échauffement produit avec l'appareil des deux miroirs concaves conjugués.

§. 93. « Lambert, » dit Mr. Pictet, avoit « déjà observé que ce qu'il appeloit la chaleur » obscure, ou la chaleur sans lumière, étoit » susceptible de réflexion *. »

On sait que Lambert a fait cette remarque dans sa Pyrométrie (§§. 378 et suiv.). Il attribuoit à cette espèce de chaleur l'effet d'un charbon ardent, placé entre deux miroirs concaves, pour allumer un corps combustible à 20 pieds de distance **.

§. 94. Mr. Pictet tenta, de concert avec H. B. de Saussure, des expériences sur ce sujet. Voici comme il décrit son appareil, qu'une découverte brillante a rendu célèbre.

---

* *Essai sur le feu*, §. 48.

** Bacon demandoit si les chaleurs obscures ne pourroient pas être exaltées par les verres, comme les chaleurs lumineuses. *Instaurat.* L. V. c. 2.

rature d'aucun point du lieu (de température uniforme) où il se trouve placé.

§. 106. Ce qui a été remarqué au sujet des réflecteurs imparfaits (§. 103.) suffit pour montrer que la démonstration s'y applique pleinement.

§. 107. Il seroit très-facile d'appliquer cette même démonstration à la réfraction, en supposant que le calorique se réfracte comme la lumière. Ainsi dans un lieu de température uniforme, une surface refringente ne changeroit point la température des corps exposés à son influence.

§. 108. Supposons maintenant *que le lieu ne soit pas de température uniforme, il pourra arriver que le réflecteur change la température des corps exposés à son influence.* Si, par exemple, dans une chambre où l'air est en général également tempéré partout, on place quelque part un corps plus chaud ou plus froid; et si l'on présente aux émanations de ce corps un réflecteur qui en transporte une partie sur un point *P*, auquel elles ne seroient pas parvenues sans cela; ce point en sera échauffé ou refroidi. En effet, si le corps est plus chaud que la température générale du lieu, le réflecteur envoie au point *P* des rayons plus abondans que ceux qu'il intercepte.

Et si le corps est plus froid, le réflecteur envoie au point *P* des rayons moins abondans que ceux qu'il intercepte.

Il ne seroit pas difficile d'étendre encore ceci au cas de la réfraction.

CHAPITRE II.

Expériences à ce sujet.

§. 109. La seizième expérience des *Mémoires sur la chaleur* du C. Rumford est liée à ce sujet. Voici comment l'auteur la rapporte :

« On plaça sur leurs pieds respectifs mes » deux vases cylindriques, à goulot oblique, » bien nettoyés. On les mit à la hauteur et » dans le voisinage du thermoscope, dans un » grand salon tranquille, pendant assez de » tems pour que l'appareil pût acquérir la même » température dans toutes ses parties.

» On avoit exclu toute lumière venant du » dehors, et environné le thermoscope des » écrans dont on a parlé, de manière à mettre » ses boules à l'abri de toute influence calori- » fique provenant de l'observateur.

» Alors j'entrai dans la chambre, assez » lentement pour donner à l'air le moins de » mouvement possible; et m'approchant du

sur l
calc
réfr
tine
l'exp
Here
cet é
§ 1
faits et
réflecu
de le c
en deu
l'autre,
tout ce
les réfle
qu'opère
férence,
effets pro
plus con
par les im
duits par l
seront sup
par ceux q
réflecteurs.
réflecteurs
la surface e
§. 104. C
verons dans

réfléchi, il y a nécessairement un rayon pareil (c'est-à-dire, mu dans le même sens et sous la même direction), auquel le cornet fait obstacle et qu'il intercepte. Ce rayon est celui qui suit le prolongement du rayon réfléchi. Ainsi il ne pouvoit manquer d'arriver ce que nous avons vu arriver en effet, savoir, que la pointe du cornet, présentée au thermoscope, n'y produise aucun mouvement.

§. 112. Mr. de Rumford rapporte une expérience, faite avec un instrument semblable. « Un tube conique de cuivre jaune, bien poli » en dedans, interposé entre une des boules » du thermoscope *, et une boule mince de » cuivre, de trois pouces de diamètre, rem- » plie de glace pilée, qui lui fut présenté, à » la distance de douze pouces, a plus que triplé » l'effet de ce corps sur l'instrument **. »

---

* Le thermoscope du C. Rumford est si connu des physiciens que je juge absolument inutile de m'arrêter à le décrire. On sait que cet instrument est composé de deux boules mises en communication par un tube recourbé à ses deux extrémités, et qu'il est d'une extrême sensibilité. Cet instrument est décrit dans les *Mémoires sur la chaleur* de son illustre inventeur, dans le Traité élémentaire de Mr. Haüy, 2.de édit. §. 162, et dans la Bibl. brit. T. XXV. p. 203.

** Mémoires sur la chaleur par le C. de Rumford, Paris, 1804. p. 146.

§. 113. Cet effet n'est qu'une application de la proposition générale, que nous avons établie, sur l'effet d'un réflecteur dans un lieu dont la température n'est pas uniforme (§. 108.). Puisqu'à l'exception du globe de cuivre rempli de glace, le lieu est de température uniforme; avant qu'on emploie aucun réflecteur, la boule du thermoscope reçoit de tous les points (excepté le globe de cuivre) autant de rayons qu'elle en émet; ou, si l'on veut, chaque rayon émis par un point compense exactement le rayon qui entre par le même point selon la même ligne de direction; ou encore, chaque filet entrant est équivalent au filet sortant par la même droite. Il y a donc constamment des échanges égaux du thermoscope avec tous les points de l'espace ambiant, en exceptant le petit globe de glace. Lorsque l'effet de celui-ci aura atteint son maximum, et que l'instrument sera stationnaire; supposons qu'on place un réflecteur, tellement qu'il renvoie au thermoscope un ou plusieurs rayons émanés du globe, et qui alloient se perdre ailleurs : Il est clair, par tout ce qui précède, que l'un quelconque de ces rayons réfléchis, arrivant au thermoscope, remplace un autre rayon, qui y arrivoit d'ailleurs selon la même direction. Mais le nouveau filet de rayons, substitué ainsi au précé-

dent, est moins abondant en calorique que n'étoit celui dont il a pris la place; puisqu'il émane de la glace, tandis que l'autre émanoit d'un point plus chaud. Voilà donc un échange, égal avant la réflexion, inégal après la réflexion : et par conséquent, voilà une perte de chaleur pour le thermoscope, qui ne manquera pas d'indiquer ce refroidissement. C'est ainsi que la chose se passe dans l'expérience du tube conique de cuivre jaune, poli intérieurement. Il ne réfléchit sur la boule du thermoscope aucun rayon venant du globe de glace, sans enlever à cette même boule du thermoscope un rayon sous même direction, qui émanoit d'un point plus chaud et que ce réflecteur intercepte. Je ne saurois voir ce qu'on pourroit ajouter à cette explication pour la rendre plus claire et plus satisfaisante.

§. 114. Dans le tems où je m'occupois de cette discussion, Mr. Pictet voulut bien disposer, dans son cabinet de physique, un appareil, pour répéter avec moi en détail cette expérience, qui lui étoit connue, quoiqu'elle n'eût point encore été publiée. Toutes les circonstances, que nous observâmes, confirmèrent pleinement les explications précédentes *.

* Les expériences qui suivent sont du 11 Juillet 1804. Elles sont rapportées dans la *Bibl. brit. T. XXVI. p. 215.*

Un petit vase de cuivre de 75 millimètres ($2\frac{3}{4}$ pouces de diamètre) ayant été préalablement rempli d'un mélange frigorifique, fut placé à la distance de 433 millimètres (16 pouces) d'un thermoscope à bulle d'air très-sensible *. La boule de ce thermoscope avoit 18 millimètres (8 lignes) de diamètre. La distance des centres de figure du thermoscope et du petit vase servoit d'axe à un cornet de fer étamé, poli intérieurement. La grande base de ce cône tronqué avoit 115 millimètres (4 pouces 3 lignes) de diamètre; la petite base, 29 millimètres (1 pouce 1 ligne). La hauteur du tronc ou cornet étoit de 244 millimètres (9 pouces).

On observoit le refroidissement, d'abord sans cône, puis en plaçant le cône, de manière que sa pointe regardât le thermoscope; ensuite en le retournant, de manière que la pointe regardât le vase réfrigérant. Et dans l'une et l'autre situation, on approchoit ou on éloignoit le cône du thermoscope.

Voici quels ont été les résultats principaux

---

* 203 millimètres ($7\frac{1}{2}$ pouces) font un degré de Réaumur dans ce thermoscope de Mr. Pictet, qui est de l'espèce de ceux dont il a donné la construction dans son *Essai sur le feu* §. 56.

de l'expérience ainsi variée. 1.° La présence du corps froid, sans cône intermédiaire, affectoit sensiblement le thermoscope. 2.° Dans la première situation, c'est-à-dire, lorsque la pointe du cône étoit tournée vers le thermoscope; la présence de ce réflecteur intermédiaire augmentoit évidemment et promptement l'effet frigorifique. 3°. Et il l'augmentoit d'autant plus, que la pointe du cône étoit plus voisine du thermoscope. Lorsqu'elle en étoit tout-à-fait voisine, la bulle colorée, qui dans le tube de ce thermoscope sert d'indice, faisoit 54 millimètres (2 pouces) de chemin en 30 secondes environ. 4.° Avec le cornet renversé, c'est-à-dire, la grande base regardant le thermoscope et la pointe le réfrigérant, l'effet de sa présence étoit inappréciable et insensible. 5.° On augmentoit l'effet du cornet, dans la première situation, si l'on plaçoit derrière le réfrigérant un miroir métallique concave, dont l'axe fût dirigé sur le thermoscope *.

§. 115. Tous ces résultats sont précisément ceux qu'on avoit droit d'attendre.

Lorsqu'on tourne la pointe du cornet vers le

---

* M. Pictet avoit vu le C. de Rumford se servir de ce moyen pour augmenter l'effet du cornet. C'est ce qui l'engagea à répéter l'expérience sous cette forme.

thermoscope, si celui-ci n'étoit qu'un point, et s'il occupoit exactement le sommet du cône, ce point ne recevroit aucun rayon réfléchi de l'intérieur du cône. Il n'en recevroit aucun, s'il étoit placé plus loin du cône que le sommet. Mais il pourra en recevoir, s'il est placé plus près. Et plus il sera près, plus ceux qu'il recevra pourront, avant leur incidence, être partis des régions voisines de l'axe et du centre de la grande base.

Il est vrai que le thermoscope et le vase frigorifique ne sont pas des points; aussi, quoique leurs centres soient sur l'axe, le premier reçoit des rayons venus du second, même lorsqu'on éloigne beaucoup le cône du thermoscope. Cependant il en reçoit beaucoup moins; et en conséquence, il atteste un moindre refroidissement. Il faut remarquer qu'il y a une double cause à cet effet. Car, lorsqu'on approche le cône du thermoscope, on l'éloigne par-là même du réfrigérant *. Dès lors, les rayons émanés du réfrigérant, tombant sur la surface intérieure du cône sous un angle moindre, sont réfléchis aussi sous un angle moindre, et

* Dans l'appareil expliqué ci-dessus, la distance de ces deux corps étoit invariable; savoir, comme il a été dit, de 433 millimètres (16 pouces).

ont par-là même plus de chance de rencontrer quelque point du thermoscope.

Quant à la partie de l'expérience où on renverse le cône, il est facile de voir que celui-ci fait office d'écran pour les rayons émanés du réfrigérant, et ne laisse passer précisément que les rayons directs. Il peut bien cependant, même alors, y avoir, en quelques positions, des rayons réfléchis du corps froid, qui atteignent le thermoscope; mais cela est difficile, à cause de la petitesse de la boule.

Enfin, comme le miroir concave renvoie au thermoscope nombre de rayons partis du réfrigérant, et que (conformément à ce qui a été établi ci-dessus) chacun d'eux remplace un rayon plus chaud; on ne sauroit être étonné que cet appareil augmente l'effet frigorifique.

Tout se réduit, comme on voit, à rechercher en quel cas et en quelle situation, l'interposition du réflecteur fait, ou ne fait pas, parvenir au thermoscope plus de rayons émanés du réfrigérant. Ainsi cette partie de la théorie semble parfaitement claire, et réduite à un degré de simplicité, fort propre à faire avancer la science, si on veut bien l'employer.

SECTION VI.

De l'effet diffèrent des différentes surfaces pour transmettre la chaleur a quelque distance et pour hater ou ralentir l'échauffement et le refroidissement des corps que ces surfaces terminent.

§. 116. L'objet de cette section est d'appliquer la théorie à une suite de belles expériences du C. de Rumford, dont les plus importantes ont été rassemblées sous le titre de *Mémoires sur la chaleur*. Comme elles ont été publiées en françois par l'auteur lui-même, à une époque assez récente *; comme elles ont fait la plus grande sensation; comme elles ont été répétées par plusieurs physiciens; exposées enfin successivement dans la Bibl. brit. et dans la 2.de édition du Traité élémentaire de Mr. l'abbé Haüy; je crois pouvoir me dispenser de les rapporter ici en détail. Le thermoscope du C. de Rumford est parfaitement connu **.

* Mémoires sur la chaleur, à Paris, chez Firmin Didot, 1804. in-8.° de 166 pages.

** Voyez la note * sur le §. 112.

Les faits nombreux que cet instrument lui a révélés ont un grand intérêt sous plusieurs rapports. Ils ont agrandi la sphère de nos connoissances et offert des applications utiles de plus d'un genre. Mon sujet m'appelle à les discuter uniquement en vue de la théorie du calorique rayonnant. Pour le faire avec clarté et sans trop de longueur, je tâcherai d'abord de ranger ces faits nouveaux sous un aspect qui me permette de les envisager en masse. Je parlerai ensuite avec un peu plus de détail d'un ou deux de ces faits qui méritent plus d'attention relativement à l'objet que j'ai en vue. Mais il est indispensable auparavant de poser quelques principes.

CHAPITRE PREMIER.

Quelques détails ultérieurs sur la réflexion du calorique considérée théoriquement.

§. 117. L'ANALOGIE et l'expérience nous engagent, comme je l'ai dit (§. 10. et 104.), à appliquer au calorique rayonnant la théorie de la lumière réfléchie. Lorsque le calorique passe d'un milieu dans un autre, il éprouve, à la surface dirimante, une attraction ou une répulsion. S'il tend à passer d'un milieu moins réfringent, tel que l'air, dans un milieu plus réfringent,

réfringent, tel que le verre ou un métal poli; il arrive, selon les circonstances (d'obliquité, etc.), qu'il est réfléchi. Et la même chose a lieu, selon les circonstances, lorsqu'il passe d'un milieu plus réfringent, tel qu'un métal, dans un autre qui l'est moins, tel que l'air. Dans les deux cas, il paroît que la réflexion s'opère à quelque petite distance de la surface dirimante. En particulier cela a lieu pour la lumière en passant du plus réfringent au moins réfringent, selon l'opinion des physiciens les plus estimés *. Par conséquent, l'analogie doit nous faire penser qu'il en est de même à l'égard du calorique. Il faut concevoir que le calorique, gêné dans le corps (par exemple, dans le métal), arrive à la surface et commence à rayonner. Selon les circonstances, le rayonnement s'achève et la particule s'échappe, ou bien elle est réfléchie intérieurement.

§. 118. Il y a probablement de grandes différences entre les corps qui réfléchissent le calorique, comme entre ceux qui réfléchissent la lumière. Les uns sont plus parfaits réflecteurs que les autres. On remarque, quant à la lumière, que les mêmes circonstances qui

* Newton, Princip. I. 96. Schol. — Haüy, Traité élem. 2.de édit. §. 900. — Rob. Smith's Opt. §. 191.

déterminent une plus grande réflexion en dehors, la déterminent aussi en dedans. Par exemple, la portion qui se réfléchit est plus grande sous une incidence donnée, lorsque les densités des deux milieux diffèrent davantage entr'elles, soit que les rayons aillent du dense au rare ou du rare au dense *. Cette réflexion, forte à la fois dans les deux sens, se manifeste également dans un phénomène analogue; car dans l'inflexion de la lumière, le rayon le plus attiré est aussi le plus repoussé à même distance **. Par analogie nous devons présumer qu'il en est de même du calorique. Ainsi, lorsque nous aurons remarqué qu'un corps, placé dans l'air, réfléchit beaucoup au dehors le calorique qui lui vient de l'air; nous devrons soupçonner que, réciproquement, ce corps réfléchira beaucoup intérieurement le calorique qui tendroit à passer du dedans de ce corps à l'air.

§. 119. Cela étant admis, examinons quel effet une surface, plus ou moins réfléchissante, produira sur les phénomènes thermoscopiques.

---

* Haüy, §. 890.

** Comme je l'ai fait remarquer à propos d'une recherche, dont l'objet étoit entièrement différent de celui qui nous occupe ici. Voyez mon Mémoire *sur la réflexibilité des rayons*, Trans phil. pour 1798. §. 15.

Cet effet peut se décomposer en deux, que j'énoncerai ici d'une manière générale, 1.° *le meilleur réflecteur sera plus propre à maintenir long-tems sa température intérieure.* 2.° *Le meilleur réflecteur aura un moindre effet à la distance, pour soumettre à sa température le corps exposé à son influence.*

§. 120. Je prouve ainsi la 1.ere assertion. Si le corps est plus chaud que le milieu et qu'il soit terminé par une surface fort réfléchissante, cette surface réfléchira intérieurement le calorique, à mesure qu'il tend à s'échapper. Par conséquent, le corps se refroidira plus lentement, que s'il étoit terminé par une surface peu réfléchissante. Si au contraire le corps est plus froid que le milieu; sa surface réfléchira au dehors le calorique qui tend à y entrer; en sorte qu'il se réchauffera lentement.

§. 121. La 2.de assertion résulte du même principe. Si le corps est échauffé; la réflexion, qui repousse le calorique en dedans, s'oppose à son rayonnement. Ainsi, par cette raison, la température de ce corps se fera moins sentir, à une même distance, que celle d'un corps moins réflecteur. Si au contraire le corps est refroidi; la suppression de quelques émissions sera moins sensible au dehors, que si ces émissions avoient été auparavant plus abondantes.

Pour bien saisir ce dernier cas, et même les précédens; il importe de fixer son attention sur les circonstances, variables de l'équilibre mobile, selon que les corps sont ou ne sont pas réflecteurs.

Si un corps (sphérique, par exemple) étoit un parfait réflecteur; il ne feroit aucune émission et ne recevroit aucune immission. Cependant incontestablement l'équilibre mobile s'établiroit entre ce corps et les corps voisins. Mais tout ce qu'il leur enverroit seroit du calorique réfléchi. On peut de cet extrême passer à l'autre, et supposer un corps qui ne réfléchisse point le calorique. Pour un tel corps, l'équilibre mobile a lieu uniquement par voie d'émission et d'immission. La plupart des corps paroissent placés entre ces deux extrêmes. Ce sont des réflecteurs imparfaits. D'où il suit qu'à l'équilibre mobile, ces corps font des envois mêlés d'émission et de reflexion.

Ceci étant entendu; considérons quel effet auroit le réflecteur parfait pour échauffer ou refroidir à la distance, ou par voie de rayonnement. Il n'en auroit sans doute aucune. Car ses envois consistant tout entiers en rayons réfléchis, s'il se réchauffe ou se refroidit intérieurement, l'envoi qu'il fait n'en est ni augmenté dans un cas, ni diminué dans l'autre,

Voyons ensuite l'effet qu'a, dans les mêmes circonstances, le corps qui ne réfléchit point. Comme ses envois sont tous des émissions, et comme l'émission est proportionnée à la chaleur intérieure (§§. 18 et 31.), il est clair qu'à l'instant où il s'échauffe ou se refroidit intérieurement, l'équilibre est rompu; et par conséquent, les corps placés à quelque distance de lui doivent s'en ressentir. Le corps non-réflecteur est-il échauffé? Il y a excès de rayonnement. Est-il refroidi? Il y a déficit. Maintenant il n'est pas difficile de voir, que plus un corps sera réflecteur, et moins ses changemens de température affecteront les corps placés à quelque distance de lui.

Tels sont les principes qui découlent des lois de la réflexion du calorique, fondées en partie sur l'expérience, en partie sur l'analogie entre le calorique et la lumière, relativement aux qualités catoptriques de ces deux agens. Suivons les applications de ces principes.

CHAPITRE II.

Expériences sur le tems qu'emploient, pour changer de température, des corps terminés par des surfaces de diverse nature.

§. 122. On se rappelle que les principaux appareils dont le C. Rumford a fait usage pour ce genre d'expériences, sont des vases cylindriques, remplis tantôt d'eau bouillante et tantôt de glace. Ces vases étoient terminés, tantôt par une surface métallique polie, tantôt par une surface vernie ou noircie, tantôt par une enveloppe de toile, etc. Dans la 1.ere expérience de cette suite, l'auteur compare le tems du refroidissement de deux vases pareils remplis d'eau bouillante. « L'instrument n.° 1. » *dont les parois étoient nues* employa 55 » minutes à descendre de 94° à 84°; l'instru- » ment n.° 2. *revêtu de toile*, perdit la même » quantité de sa chaleur en $36\frac{1}{2}$ minutes *. »

§. 123. Ce célèbre observateur noircit la surface de l'instrument n.° 2, en la promenant au-dessus d'une bougie allumée. Il obtint alors les résultats suivans **.

* Mém. sur la chaleur, p. 17.

** Ibid. p. 22.

	Tems du refroidissement de 10 degrés.
Instrument N.° 1. *A nu.*	$55\frac{7}{8}$ minutes.
Instrument N.° 2. *Noirci* sur la flamme d'une bougie.	$36\frac{1}{8}$

§. 124. Il enduisit successivement la surface d'un de ses cylindres d'une, de deux, de quatre, de huit couches de vernis à l'esprit de vin. Voici les résultats de ces expériences *:

L'instrument s'est refroidi de dix degrés	L'instrument N.° 1. *à nu.*		N.° 2. *verni.*
Avec une couche de vernis, en	$55\frac{1}{2}$	en	42
Avec deux couches.	$55\frac{1}{4}$		$35\frac{5}{4}$
Avec quatre couches	$55\frac{1}{2}$		$30\frac{1}{4}$
Avec huit couches.	55		$34\frac{1}{4}$

§. 125. Toutes ces expériences sont relatives à la durée du refroidissement. En voici qui se rapportent à la durée de l'échauffement **.

« Ayant fait faire deux vases cylindriques » (de quatre pouces de diamètre et de quatre » pouces de haut) de minces feuilles de cuivre » jaune, bien polies en dehors, je noircis » l'un sur la flamme d'une bougie, et rem- » plissant les deux vases d'eau bouillante, je » les exposai en même tems, en hiver, dans

* Ibid. p. 20.

** Ibid. p. 148.

» l'air tranquille d'une grande chambre, pour
» se refroidir.

» Le vase qui étoit noirci se refroidissoit
» presque deux fois plus vite, que celui qui
» avoit sa surface métallique nette et propre.

» Les deux vases, ayant enfin acquis la
» même température, c'est-à-dire, celle de
» l'air froid dans lequel ils étoient exposés,
» furent transportés dans une chambre échauf-
» fée par un poële; et je trouvai que le vase
» noirci fut échauffé, à peu près deux fois
» plus rapidement que l'autre.

» Le vase noirci, ayant été nettoyé, fut
» couvert avec une simple enveloppe de toile
» fine, bien juste au corps du vase. En répé-
» tant les expériences avec les deux vases,
» celui qui étoit exposé nu, à l'air froid, em-
» ployoit 45 minutes à parcourir un certain
» intervalle de refroidissement, de 10 degrés
» de l'échelle de Fahrenheit; c'est-à-dire,
» du cinquantième au quarantième degré au-
» dessus de l'air de la chambre; pendant que
» l'autre vase, qui étoit couvert *avec un habit*
» de toile fine, n'employoit que 29 minutes
» à parcourir ce même intervalle.

» Les deux vases, ayant acquis la même
» température, furent transportés dans une
» chambre chaude; et il se trouva que le vase

expérience, ou bien on l'en retiroit à volonté *.

Pour déterminer avec quelque précision l'action des corps échauffés, il est indispensable d'opérer sur de grandes masses. Car si les masses sont petites, elles se refroidissent si vite que le tems manque pour la production pleine et régulière des effets que l'on veut observer. L'eau chaude paroît posséder toutes les qualités requises pour ce genre d'expériences; il est facile d'en avoir à sa disposition autant qu'on en veut, elle a une grande capacité de calorique, et l'on peut en constater la température à différens degrés avec beaucoup d'exactitude. Les vases que j'ai préférés, pour contenir l'eau, sont des cubes creux, d'étain, construits avec soin, et planés, comme disent les ouvriers, c'est-à-dire, travaillés au marteau de manière à en rendre la surface douce et brillante. Au milieu de la face supérieure de chacun de ces vases d'étain, est un orifice, dont le diamètre varie entre demi-pouce et un pouce, et s'élève à peu près à la même hauteur. On adaptoit à cet orifice un couvercle, que traversoit un thermomètre, dont la boule répondoit au milieu de

* Rien ne ressemble mieux à ce support, que le support d'un écran de salon à coulisse ; le miroir ou réflecteur remplaçant l'écran, et le tout se plaçant sur une table. *P. P. p.*

CHAPITRE III.

Application de la théorie à ces expériences.

§. 127. Elle se trouve faite ou du moins préparée par l'auteur lui-même, en vertu de sa dernière remarque, qui généralise très-utilement les observations de détail. Elle nous apprend qu'au fond ces observations se réduisent à établir le même principe auquel la théorie nous a conduits (§§. 119. 120.); savoir, que les réflecteurs doivent s'échauffer ou se refroidir plus difficilement que les non-réflecteurs, par l'influence du milieu ambiant.

§. 128. L'expérience des couches de vernis présente une anomalie. Deux couches accélèrent le changement de température plus qu'une seule couche; quatre couches, plus que deux; et huit couches l'accélèrent moins que quatre. Il me semble que l'on peut donner de ce fait une explication probable. Quatre couches de vernis n'ont d'autre effet que de rendre le corps métallique moins réflecteur; c'est-à-dire, que le métal verni n'est plus pour le calorique un miroir aussi parfait que le métal nu. Huit couches en font un corps nouveau, demi-transparent, plus réflecteur

que quatre couches, moins réflecteur que le métal poli. En d'autres termes : Quatre couches suffisent pour empêcher le calorique d'obéir à l'influence réfléchissante du métal, et ne suffisent pas pour lui faire ressentir pleinement l'influence réfléchissante du vernis.

§. 129. Du reste, ce détail et quelques autres, tels que l'influence des fourrures et d'autres substances animales, offrent trop de complication, pour que j'ose me flatter d'en faire, seul et par mes propres forces, une analyse suffisante. Cet aveu, que je fais volontiers et que je voudrois souvent répéter, ne me semble pas plus nuire aux explications claires et satisfaisantes des phénomènes moins compliqués, que ne pourroit faire la foiblesse d'un commençant à la doctrine de l'attraction, s'il tentoit de l'étudier sans maître. La complication des phénomènes de la chaleur naît le plus souvent de l'action simultanée de ses deux modes de propagation (le rayonnement et la conductibilité).

CHAPITRE IV.

Expériences sur l'influence des surfaces de diverse nature, dans les changemens de température, qu'opèrent à une certaine distance, des corps terminés par ces surfaces.

C'EST ici que le C. de Rumford emploie utilement son ingénieux thermoscope *.

§. 130. Par un grand nombre d'expériences, faites avec le plus grand soin, cet observateur a démontré que ses vases cylindriques échauffés ou refroidis, affectent plus fortement un thermoscope éloigné d'eux, lorsqu'ils sont terminés par des surfaces moins réfléchissantes **.

On se souvient que ce thermoscope est composé de deux boules remplies d'air, séparées par une bulle de liquide coloré, servant d'index. La construction en est telle, que cet index tend à s'éloigner de la boule la plus chaude.

§. 131. Deux vases cylindriques pareils, de

* Voyez la note * sur le §. 112.

** Mém. sur la chal. p. 43 et suiv.

métal poli, sont remplis d'eau bouillante, et placés à égale distance, l'un d'une des boules, l'autre de l'autre. — L'instrument reste stationnaire.

§. 132. On noircit la surface de l'un des vases. — Aussitôt l'index s'en éloigne.

§. 133. On remplit un des vases cylindriques de glace pilée et d'eau; on le présente à l'une des boules du thermoscope, à la distance de quatre pouces. — A l'instant, l'index commence à se mouvoir lentement et uniformément du côté du froid; et après avoir parcouru environ un pouce, il demeure stationnaire.

§. 134. « Je noircis, » dit l'auteur, « le » fond d'un de mes deux vases cylindriques » à col oblique, et je remplis ce vase d'un » mélange de sel commun et de glace. Je » remplis du même mélange l'autre vase sem- » blable, sans le noircir; et je les présentai » simultanément, et à la même distance, aux » deux boules du thermoscope.

» A l'instant, l'index se mit en mouvement, » et s'avança lentement vers la boule corres- » pondante au vase noirci. »

CHAPITRE V.

Application de la théorie à ces expériences.

§. 135. Nous avons vu que les corps non-réflecteurs devoient faire sentir à distance l'influence de leur température plus fortement que les réflecteurs (§§. 119. 121.). Si l'on parcourt toutes les expériences précédentes, on verra qu'elles confirment bien ce principe.

§. 136. La surface noircie affecte le thermoscope, par son échauffement ou son refroidissement, plus que ne fait la surface de métal poli. C'est un cas particulier de la règle que nous venons d'énoncer. On sait en effet que le métal poli est un réflecteur beaucoup moins imparfait que le noir mat.

§. 137. Il est inutile d'entrer dans plus de détail. Et je ne crois pas devoir suivre, dans ces explications, toutes les expériences faites avec des substances animales, etc. par les raisons que j'ai déjà énoncées (§. 129.).

CHAPITRE VI.

Expérience de même genre, que son auteur a jugée inexplicable dans les principes de l'équilibre mobile *.

§. 138. UNE des boules du thermoscope fut placée exactement entre deux vases pareils, l'un plus chaud, l'autre plus froid, de 40° F., que le milieu ambiant. — L'index demeura stationnaire.

La même chose eut lieu, lorsque les surfaces des deux vases furent noircies à la flamme d'une bougie.

CHAPITRE VII.

Application de la théorie à cette expérience.

§. 139. LA surface des vases doit être conçue comme un réflecteur imparfait. On peut, par un emblême, l'envisager comme une grille, dont les barreaux réfléchissent et dont les

* Mémoires sur la chaleur, par le C. de Rumford, Paris, 1804, p. 119. Voyez aussi la p. 62.

suite cet instrument, de manière que son plan soit parallèle au plan du miroir. Les choses étant en cet état, remplissez le vase d'eau bouillante, et recouvrez-le de son convercle portant un thermomètre intérieur. A l'instant on verra la liqueur colorée s'élever dans le thermomètre différentiel; et dans l'espace de deux ou trois minutes, elle atteindra le haut de l'échelle. Elle y restera quelques instans stationnaire, puis on la verra redescendre à mesure que le vase se refroidira. Le plus souvent je faisois usage du vase cubique de six pouces, et je le plaçois à trois pieds du fond du miroir. Dans ces circonstances, l'effet produit sur la boule focale, au plus haut point d'élévation, alloit à environ 80 degrés *. Mais après plusieurs essais, je trouvai l'effet, dans tous les cas possibles **, exactement proportionnel à la chaleur de l'eau, c'est-à-dire, à la différence entre sa température et la température de la chambre. Cette observation, en simplifiant tout, a singulièrement facilité la marche expérimentale. En général, le thermomètre indiquoit

* Égaux à $14\frac{1}{2}$ de l'échelle de Farenheit. (L)

** Il faut entendre les cas où l'on tourne vers le miroir concave précisément la même face du vase cubique. Car on verra bientôt qu'avec des faces différentes les rapports changent. *P. P. p.*

soient polies ou noircies ; le résultat est évidemment le même : ce résultat par la théorie est l'équilibre, comme l'a donné l'observation.

Je n'ai pas cru devoir m'en tenir pour cette expérience à une explication sommaire, parce qu'elle a paru se présenter comme objection, tandis qu'elle est réellement une des plus belles et des plus claires confirmations de la théorie.

CHAPITRE VIII.

Remarque sur l'état du calorique dans les corps réflecteurs et non-réflecteurs.

§. 142. Nous avons vu que les réflecteurs résistent en quelque sorte au changement de température. Mais comme les meilleurs réflecteurs sont imparfaits, il arrive que leur répugnance à changer de température est enfin vaincue. Et si l'on suppose deux corps de même capacité naturelle pour le calorique, mais différens par la nature de leurs surfaces, l'un étant réflecteur plus que l'autre; ces deux corps, plongés dans le même milieu, en prendront finalement la température. Ils se rempliront ou se videront de calorique jusqu'à ce qu'ils en contiennent tous deux la même quantité. La différence en vertu réfléchissante n'introduit aucune différence permanente de capacité pour le calorique. Il suit de là que, dans un lieu de température uniforme, si tout-à-coup on vient à changer la nature de la surface d'un corps, on ne change rien à son rayonnement. Car puisque ce corps étoit à l'équilibre avec les corps environnans, il envoyoit autant

suspendu au premier foyer soit très-petit, et qu'en conséquence il ne peut avoir qu'une action foible et passagère, incompatible avec une observation exacte. »

§. 145. *Ici l'auteur annonce que l'objet des expériences suivantes est d'examiner les circonstances qui altèrent l'influence du corps chaud ou froid sur le thermomètre différentiel.

Il avertit enfin que, pour rendre ses résultats plus faciles à saisir, il emploîra le nombre 100 pour exprimer l'effet extrême, c'est-à-dire, celui de la face noircie, avec toute la différence de température entre l'eau bouillante et la congélation ; exprimant les autres quantités proportionnellement.

---

* J'espère que le lecteur voit aisément qu'ici je cesse de traduire Mr. Leslie. Dans ce qui va suivre, les *Expériences* sont toutes de ce physicien. Les *Explications* que j'y joins en sont toujours distinguées par le caractère d'impression, comme ce §. 145 l'est de celui qui le précède.

SECTION VII.

Application de la théorie du calorique rayonnant aux expériences de Mr. Leslie, sur la nature et la propagation de la chaleur.

Comme l'ouvrage de Mr. Leslie, sur la nature et la propagation de la chaleur, n'a pas été traduit en françois, quoiqu'il soit bien connu par d'excellens extraits *, je saisirai cette occasion d'exposer celles des expériences de ce physicien, qui se rapportent à mon sujet. Je commencerai par traduire en entier le chapitre dans lequel l'auteur décrit ses appareils **.

* Bibl. brit. pour 1805. — Traité élém. de phys. de Mr. Haüy, 2.de edit. T. I.

** Les mesures angloises qui y sont employées, sont assez connues pour que j'aie cru devoir me dispenser d'en faire la réduction. Il n'est au reste question, dans les descriptions et dans les expériences suivantes, que de pieds et de pouces, qu'on sait être aux pieds et pouces de Paris, dans le rapport de 15 à 16.

CHAPITRE P

Description des appareils e expériences

§. 143. « AVANT de rappo servent de base aux raison ce traité, il sera à propos la forme et de la construc j'ai fait usage. Cette des lement intelligibles les juger du degré d'exacti la confiance qui leur es leurs bien des répétition la patience du lecteur titions auroient mis sans doute n'est plus toutes les recherche indication des circon

---

* Traduit de l'a enflammé en p Recherches exp gation de la ch Chap. I.). Cette en détail son pr traduit du mém pas indispensable le caractère. C

été la même, et cependant les effets produits à quelque distance ont été bien différens. Qu'une telle différence d'action pût avoir lieu entre les métaux et les substances polies et vitreuses, c'est ce que les faits connus jusqu'ici ne nous auroient point portés à soupçonner. Mais quelque étrange que cette différence puisse nous paroître, elle n'en est pas moins réelle et palpable. Et pour la découvrir, il n'est pas besoin d'appareils bien délicats. En effet, que je présente ma main à un pouce de distance de la face noire du vase, j'éprouve à l'instant une chaleur très-sensible et agréable. Mais si j'approche ma main à la même distance de la face d'étain brillant, à peine ai-je le plus léger sentiment de chaleur, jusqu'au moment où, à force de m'en approcher, je viens enfin à la toucher.

Expérience III.

Couvrez la boule focale avec un petit morceau de feuille d'étain, et faites en sorte de l'y appliquer bien exactement dans toute sa rondeur, en rabattant ou adoucissant les plis, mais en évitant soigneusement d'en sillonner la surface. Replacez ensuite le thermomètre différentiel, remplissez de nouveau le vase d'eau bouillante, et présentez au

la masse du liquide. Ces cubes étoien
grandeurs; de trois, quatre, six e
côté. Deux d'entr'eux, celui de q
dix pouces, portoient un convercle
soudé et qui pouvoit s'adapter ou
louté; et comme on n'avoit pas c
tiquer d'ouverture, on y faisoit p
thermomètre à travers un petit tr

Ce n'étoit pas sans raison que
préférence à la forme cubique. E
tournoit une des faces du vase ver
les parties de ce plan présentoien
même inclinaison; il étoit aisé d
fluence qu'avoient sur les résulta
d'obliquité; et comme cette figu
position, pour chaque expérien
faitement égales et semblables,
changer à volonté et sous div
la nature, il devenoit facile d
cherches sans nouveaux appar
faces verticales du vase étoit
brillante: la face opposée ét
pier soigneusement appliqué,
noir de fumée rendu adhérent
tité possible de cuire. Les au

de la chaleur s'opère en entier à la surface antérieure du miroir. Couvrez cette surface antérieure d'un enduit d'encre de la Chine, qui forme une couche égale et polie; replacez ensuite le miroir, et vous verrez que l'effet est maintenant devenu tout-à-fait insensible. Couvrez au contraire cette même surface d'une feuille d'étain, en la collant et l'appliquant de manière à en suivre soigneusement la courbure, et en rabattant ou adoucissant, autant qu'il est possible, les plis et les inégalités; et aussitôt un grand changement se manifestera. L'effet de ce miroir métallique sera dix fois aussi grand que celui du miroir de verre non revêtu.

Il paroît de là, qu'indépendamment de la figure et du poli, la nature même de la substance dont la surface est composée a une influence prédominante sur la mesure de la chaleur réfléchie. En effet, les autres conditions sont d'une bien moindre importance. Je revêtis un miroir d'étain d'une feuille de même métal, et je trouvai qu'en cet état il possédoit encore les deux tiers, ou même les trois quarts, du pouvoir qu'il avoit précédemment. Mais les effets si différens des surfaces métalliques et vitreuses, relativement à la réflexion de la chaleur, ne peuvent manquer de frapper l'observateur

le moins attentif. Si je mets un miroir concave de verre étamé au fond d'une chambre, en face d'un bon feu; en portant le doigt au foyer, je n'aurai qu'une légère sensation de chaleur. Si je place au même lieu un miroir d'étain, la chaleur du foyer devient bientôt intolérable, et supérieure à celle qu'on éprouve en approchant la main du feu même, à la distance de deux ou trois pouces *.

Il peut être utile de rassembler sous un même point de vue les différens résultats des expériences précédentes. Ce sera peut-être un moyen de voir plus clairement que la chaleur, provenant de la même source, et agissant à la même distance, peut néanmoins produire des effets extrêmement différens. Supposons que la face brillante du vase soit placée de front devant un miroir concave de verre, et que la boule focale, placée convenablement, soit revêtue d'une feuille d'étain; l'effet sera très-petit, sensible cependant si les circonstances sont favorables. Appelons cet effet 1. Couvrez la surface an-

* Mr. Pictet, dans son *Essai sur le feu*, imprimé en 1791 §. 67, avoit déjà indiqué la différence considérable qui existe entre les miroirs de verre et ceux de métal, quant à la faculté de réfléchir la chaleur. Et avant lui Scheele l'avoit aperçue. Voyez ci-dessus §. 1. *P. P. p.*

térieure du miroir d'une feuille d'étain; la liqueur du thermomètre différentiel montera à 10. Enlevez cette enveloppe de la boule focale; et l'action croîtra jusqu'à 50. Présentez ensuite au miroir ainsi revêtu la face noircie du vase; et vous obtiendrez l'effet extrême, qui sera égal à 400.

Toutes ces expériences réussissent également avec le froid, qui manifeste la même diversité d'effets, et les mêmes rapports entr'eux, quoique nécessairement plus limités. L'expérience II ne peut se faire d'une manière satisfaisante par le froid, que dans une atmosphère sèche; car si l'atmosphère est humide, la surface de l'étain se couvre très-vite de rosée, ou d'une croûte de glace. L'un ou l'autre de ces accidens change entièrement la mesure de l'effet. Il faut avouer que les expériences avec le froid, quoique parfaitement d'accord, sont d'une exécution plus difficile que les expériences avec la chaleur, et requièrent plus d'attention et une observation plus exacte. »

§. 149. L'auteur fait quelques remarques à la suite de cet exposé.

« Le pouvoir d'absorber la chaleur, dit-il, et le pouvoir de l'émettre, semblent être toujours réunis au même degré. Cette réunion décèle une commune

origine, et découvre un fait unique, qui s'offre à nous sous divers aspects. On voit aussi que les diverses aptitudes à réfléchir la chaleur, dans les diverses surfaces où on l'observe, doivent dépendre du même principe. La partie de la chaleur qui est réfléchie n'est que celle qui n'a pas été absorbée. Ainsi une couche d'encre de la Chine ne produit aucune réflexion sensible, parce que cette matière est éminemment absorbante relativement à la chaleur. Un miroir concave de verre produit quelque réflexion, parce que sa disposition à absorber, quoique très-grande, est inférieure à celle de la couche noire. Une surface d'étain, absorbant très-peu de chaleur, produit la plus forte réflexion. »

Explication.

§. 150. Nous avons ici trois objets distincts sous les yeux. Le premier est ce qui concerne la réflexion par le miroir de verre. Le second se rapporte à la réflexion du froid. Le troisième est le rapport observé entre la réception et l'émission de la chaleur, ainsi qu'entre la réflexion et l'absorption.

I. *De la réflexion par un miroir de verre.* L'auteur me paroît prouver fort bien que la réflexion opérée par le miroir de verre, et qui

est rendue sensible dans cette quatrième expérience, n'est produite que par la surface antérieure du miroir. C'est aussi à quoi nous avions tout lieu de nous attendre. On sait en effet que le verre transmet fort peu de chaleur d'une manière immédiate et instantanée. Celle que cette substance paroît transmettre, et qui se manifeste au bout d'un tems plus ou moins long, n'est que le rayonnement produit par son propre échauffement. J'ai fait voir en discutant les belles expériences de Mr. Herschel, qu'elles attestent cette vérité, et qu'il seroit possible que les mêmes résultats eussent été obtenus, sans qu'il y eût eu aucune transmission instantanée du calorique *. Le calorique ne peut donc pénétrer l'épaisseur du verre que par voie de conductibilité, et par conséquent fort lentement. La partie qui pénètre ainsi le verre est considérable, et certainement beaucoup plus grande que celle qui pénètre de même dans l'étain. L'étain poli répercute presque tout le calorique qui se présente à lui. Le verre au contraire le laisse presque tout pénétrer dans l'intérieur de sa substance. C'est ce qui résulte des précédentes expériences (§§. 146,

* Trans. phil. pour 1802, p. 417. Voyez aussi le §. 80. de cet ouvrage.

147.).

quelques raisons de le présumer. Dès lors la réflexion qu'opère sur ce fluide une surface mince, ne peut point prouver qu'il est grossier. En effet il est probable que le calorique réfléchi ne pénètre pas plus dans les pores de la surface réfléchissante que n'y pénètre la lumière. Si en quelques cas l'un de ces fluides traverse la surface, et non pas l'autre, cela tient sans doute à leur nature, qui fait que l'un est plus fortement attiré ou repoussé que l'autre. Du reste je répète que tout ceci n'est dit que dans le but d'écarter une conséquence hasardée, et que je n'entends d'ailleurs rien préjuger sur la subtilité du fluide calorifique, ni sur la différence ou l'identité de ce fluide et de la lumière. Si donc une feuille d'or très-mince paroît un peu transparente et point transcaloreuse, cela peut tenir ou à ce que l'œil est un appréciateur de la lumière plus sensible que tout thermoscope ne l'est de la chaleur, ou à ce que le calorique est autre que la lumière, soit qu'il ait moins de subtilité, soit qu'il ait une réflexibilité différente.

Expérience VI.

§. 155. « Les choses étant disposées comme auparavant, ôtez la feuille d'étain du support de l'écran,

d'y revenir et de saisir cette occasion de montrer avec quelle précision cette classe de faits vient se ranger sous les lois que nous avons reconnues *. Les observations de l'auteur sur ce point se réduisent à ce peu de mots : « Les » effets produits par le froid suivent les mêmes » rapports que les effets produits par la chaleur. » Partons maintenant des lois de l'équilibre mobile ; supposons cet équilibre établi entre deux corps quelconques ; c'est-à-dire, supposons entre ces corps des échanges égaux de rayons calorifiques ; de part et d'autre ces échanges se composent d'émissions et de réflexions. Élevez ou abaissez la température de l'un des deux ; vous augmentez ou vous diminuez son émission seulement. Il doit donc arriver qu'un corps, qui (par sa nature ou par son défaut de poli) émet plus, manifeste une influence plus grande, soit pour échauffer soit pour refroidir. Et il importe peu que les échanges se fassent directement ou par l'intermédiaire d'un miroir. Les rayons calorifiques du vase s'échangent principalement avec la boule focale. Si la face du vase est un corps réflecteur, le courant de calorique qu'envoie le vase est peu compose d'émission. S'il s'é-

* Voyez la note sur le §. 100. p. 93.

chauffe, ou s'il se refroidit; l'équilibre est peu détruit, et la boule focale qui le rétablit gagne ou perd peu. Le contraire a lieu avec le verre, le papier, et le noir de fumée, selon leur nature plus ou moins réfléchissante. Si le miroir concave est d'étain, le courant de calorique que reçoit la boule focale est presque tout composé de rayons réfléchis. Dans le cas, p. ex., où on remplit de glace le vase, et où l'on présente la face noircie, l'émission du vase diminue tout-à-coup; celle du thermomètre reste d'abord la même, mais s'épuise bientôt en envoyant sans recevoir, ou en recevant très-peu. Le thermomètre différentiel doit donc indiquer un refroidissement. Substituez le miroir concave de verre. Puisque le verre absorbe la chaleur et la réfléchit peu, le courant que reçoit la boule focale à l'état d'équilibre est presque tout composé d'émissions. Mais il n'y a que le courant réfléchi par le verre, qui puisse rendre sensible au thermomètre différentiel le refroidissement du vase. Il est donc bien naturel que le mouvement de la liqueur colorée y soit beaucoup moindre que par le miroir d'étain. Le cas où l'on enveloppe la boule du thermomètre d'une feuille d'étain dépend, quant au refroidissement, de la réflexion intérieure. Le courant qui, dans l'état

d'éq ilibre, va de la boule focale au vase est principalement composé de rayons réfléchis. Cette boule, en cet état, émet peu et reçoit peu. Il n'est donc pas étonnant qu'elle soit peu affectée de quelque diminution dans la quantité qu'elle reçoit, quoique son émission reste à peu près la même. Il n'est pas nécessaire de parcourir les cas de combinaisons. On comprend aisément comment les rapports d'émissions diminuent quand le miroir et la boule focale sont étamés l'un et l'autre, etc.

III. Je n'ai rien à dire de plus sur les rapports observés entre l'absorption et la réflexion d'un côté, la réception et l'émission de l'autre. Quant au premier de ces rapports, notre théorie nous apprend, que de tout le courant de calorique, la partie réfléchie est la seule qui ne soit pas absorbée. Quant au second rapport, il dépend de cette circonstance, que la réflexion s'opère par la surface polie à l'intérieur comme à l'extérieur. J'ai énoncé et discuté ce point ailleurs (§. 118.).

CHAPITRE IV.

Sur la chaleur interceptée et transmise.

§. 151. Pour les expériences suivantes on se pourvoit d'un support en bois plus large que le plus grand des miroirs qu'on se propose d'employer, c'est-à-dire, d'environ seize pouces carrés, porté sur deux pieds, et destiné à recevoir un écran, fait de substances variées, selon le besoin. On place cet écran dans une position verticale.

Expérience V.

§. 152. « Adaptez au support une feuille d'étain; et après avoir disposé vos appareils comme ci-devant, en présentant au miroir métallique la face noircie du vase cubique, placez l'écran dans une position parallèle à cette face, de manière qu'il n'en soit éloigné que d'environ deux pouces. Cet écran interceptera complètement l'influence de la température du vase sur celle de la boule focale. Du moins s'il reste encore quelque influence, elle est trop petite pour être aperçue. Le même phénomène a lieu à quelque distance que l'on place l'écran entre le vase et le

et m ez à sa place une feuille de verre (dit crown-
gla Avec cet écran, vous observerez un chan-
ge notable. La liqueur du thermomètre diffé-
r s'élèvera de 20 degrés (en estimant à 100
ntier et sans obstacle de la face noircie).
i l'interposition du verre n'anéantit pas l'effet
boule focale, comme faisoit celle de l'étain;
elle et à la cinquième partie
de sa pr

ition.

re reçoit une partie du
que, échauffe, le traverse et
ne. Cette e ce est tout-à-fait semblable à celles de Mr. Herschel que j'ai discutées *. Si l'on vouloit savoir quelle partie de cette transmission se fait immédiatement et instantanément, à la manière de la lumière, et quelle partie se fait lentement, ou par voie de conductibilité, il faudroit des expériences, où l'effet instantanée fût distingué de l'effet lent.

Expérience VII.

§. 150. « L'appareil demeurant dans la même situation, placez successivement l'écran de verre à des dis-

* Phil. Trans. 1802. Et §§. 59 et suiv. de cet ouvrage.

EXPÉRIENCE X.

§. 163. « Choisissez deux carreaux de verre (dit crown-glass), aussi planes et aussi unis qu'il sera possible; revêtez chacun d'eux d'un côté d'une feuille d'étain au moyen d'un peu d'eau gommée. Cela fait, et vos appareils étant disposés, joignez ces carreaux en appliquant l'une contre l'autre les surfaces garnies d'étain, et placez-les en cet état sur le support, pour qu'elles fassent office d'écran. La boule focale recevra une impression égale à peu près 18 degrés. Changez ensuite cette disposition des carreaux de verre, et joignez-les en les appliquant par leurs surfaces nues, de manière que les surfaces garnies d'étain soient à l'extérieur. La liqueur du thermomètre différentiel retombera au commencement de l'échelle. »

Explication.

§. 164. Nous savons que le verre tra peu ou point de calorique d'une manièr médiate et instantanée, mais qu'il en tra beaucoup, quoique lentement, par v conductibilité. Lors donc que, sous la pr forme de l'appareil, on présente à la une lame de verre, la plus grande pa

gal

calorique s'y engage et arrive en serpentant à la feuille double d'étain qui ne fait qu'un seul corps avec le verre. Il ne peut pas s'opérer une réflexion dans ces circonstances, puisque le calorique dont il s'agit serpente de particule à particule, et puisque les deux faces polies sont mises en contact intime. Comme on sait d'ailleurs que les métaux sont fort bons conducteurs du calorique, celui-ci les traverse vite et avec peu de perte, et se trouve porté sur le carreau de verre opposé, toujours par voie de conductibilité. On comprend donc aisément qu'il ne doit pas y avoir beaucoup plus de diminution d'effet, que dans le cas où un seul carreau de verre nu est employé comme écran. Au contraire, lorsqu'on applique les carreaux par le verre nu et que l'étain forme de part et d'autre les surfaces extérieures, il y a une forte réflexion à l'une et à l'autre de ces surfaces. A la première que rencontre le calorique la réflexion s'opère au dehors. Et à la seconde en dedans. L'une et l'autre s'opèrent sur le calorique libre, savoir la première sur le calorique qui aborde l'écran et qui ne s'y est point encore engagé ; et la seconde sur le calorique sortant de l'écran au moment où il se dégage. Cette réflexion, forte à la fois dans

les deux sens, n'est pas sans analogie av quelques phénomènes catoptriques que la lu mière a présentés dès long-tems aux obser vateurs. C'est une propriété du calorique, qu n'offre rien qui soit en contradiction ave d'autres, et qui est au contraire appuyée su des faits difficiles à contester (§. 118.).

Dans l'explication de cette partie de l'ex périence où l'on applique les deux surface d'étain l'une contre l'autre, j'ai envisagé cett double feuille métallique comme n'en faisan qu'une. Si l'on pense que cette conception es fausse, parce que l'application la plus exact doit toujours laisser une lame d'air entre le deux feuilles; on ne laissera pas d'arriver a même résultat; comme y est arrivé en effe l'ingénieux auteur de l'extrait de cet ouvrag de Mr. Leslie, inséré dans la Bibliothèqu britannique *. « Il se fait, dit-il, entre ce » lames conjointes, un jeu de réflexions al » ternatives, dont l'issue est une transmissio » partielle finale vers le côté opposé à » source. » On conçoit en effet, que de surfaces si rapprochées donneroient lieu à un succession comme infinie et très-rapide réflexions, à chacune desquelles le caloriq devroit se transmettre en partie.

* T. XXVIII. p. 127.

C'est peut-être le degré de subtilité du calorique qui, une fois passablement déterminée, pourroit faire donner la préférence à l'une ou à l'autre de ces explications. Mais, quelle que soit celle que l'on doive préférer, il est au moins certain qu'à travers deux lames mises en contact apparent, la transmission du calorique s'opère à peu près comme à travers une seule lame. Nous en avons une preuve dans le détail de l'expérience V (§. 152.), où l'auteur dit implicitement que, si la feuille d'étain qui sert d'écran est mise en contact avec la face du vase cubique, il y a transmission.

Expérience XI.

§. 165. « Prenez deux plaques ou lames d'étain, planées au marteau, de manière à être bien plates et polies; peignez chacune d'elles d'un côté seulement avec une fine couche de noir de fumée. Rangez l'appareil comme à l'ordinaire; joignez ces lames en appliquant l'une contre l'autre les faces brillantes; placez-les en cet état sur le support vertical, pour les employer comme un écran: la liqueur du thermomètre différentiel s'élèvera à 23 degrés. Changez la situation de ces lames, et appliquez-les l'une à l'autre par leurs faces noircies: la liqueur des-

cendra à zéro. Enlevez l'une ou l'autre des lame et la liqueur remontera à 4 degrés. »

L'auteur établit ici une comparaison entı ces résultats et ceux des expériences préce dentes. Voici comme il s'exprime à ce sujet.

» Comparez le cas où les deux surfaces extérieur de l'écran sont métalliques, avec celui dans leque elles sont enduites de noir de fumée. Dans le pre mier cas il reçoit cinq fois moins de chaleur, e cette chaleur est propagée avec huit fois moin d'énergie, que dans le second cas. Par le concour de ces deux circonstances, l'effet doit donc être 4(fois moindre; ce qui correspond à un demi-degré*;

* Le résultat de l'expérience II nous fait voir que la face brillant laisse passer, ou propage, la chaleur avec huit fois moins d'énergi que la face noircie. Quant à la facilité avec laquelle elle la reçoi ou la laisse entrer, elle est probablement la même : et les expé riences avec le froid l'indiquent assez. Du reste, l'auteur n'a juqu'i(fait aucune autre expérience directe là-dessus. Il n'a point pré senté de l'étain noirci comme écran, avant cette XI.e Ex Les nombres qu'il emploie ici sont tirés des expériences fait avec le verre. Voyez Exp. III. et IV. Peut-être a-t-il en vı l'exp. X, où il a fait usage de verre noirci des deux côtés à l'e térieur; mais outre que cette exp. diffère de celle-ci par la m tière intérieure de la lame servant d'écran; il y est fait usa de deux faces noircies dont l'une reçoit et l'autre propage. D'a leurs les nombres s'accorderoient; car ces 2 faces réduisoi l'effet à 18 ou à peu près au $\frac{1}{5}$ de l'effet total, et $\frac{18}{40}$ est à peu près

P. P.

quantité à peine perceptible. Lorsque l'écran consiste en une seule plaque noircie d'un côté, l'effet diminué est une moyenne entre les facultés de recevoir et de propager, ou $6\frac{1}{2}$ fois moindre que lorsque les deux surfaces sont peintes en noir. En conséquence cette impression affoiblie est égale à environ 4 degrés. »

Explication.

§. 166. Cette expérience diffère peu de la précédente, et n'exige pas une nouvelle explication. Lorsqu'on applique les plaques par leurs surfaces polies, elles forment un corps non réflecteur, qui reçoit et émet le calorique avec facilité. Le contraire a lieu lorsqu'on les applique par les faces noircies. (Voyez le §. 164.).

EXPÉRIENCE XII.

§. 167. « Placez chacune de ces plaques d'étain, noircies d'un côté seulement, sur un support particulier. Disposez l'appareil comme de coutume. Placez ensuite le premier écran, de manière que son côté noirci regarde de front la face noircie du vase cubique. Mettez le second écran en contact avec le premier, de manière qu'ils s'appliquent par

leurs faces brillantes et métalliques. La boule focale acquerra, comme nous l'avons dit, une chaleur de 23 degrés. Eloignez maintenant le second écran du premier, en le tenant toujours parallèle à lui-même; et faites qu'il soit de deux pouces plus près du miroir. L'effet sur le thermomètre différentiel disparoîtra entièrement.

Quand les deux plaques formoient un seul corps, elles étoient évidemment de même température. Mais dès qu'elles ont été séparées, le second écran dérivoit sa chaleur du premier par un double intermédiaire, savoir par l'émission faite à travers une surface métallique et par la faculté de recevoir cette émission autant qu'en jouit une pareille surface. Par conséquent l'excès de la température transmise, par dessus celle de la chambre, étoit réduit à sa 40ème partie; et l'action sur la boule focale étoit diminuée en conséquence. »

Explication.

§. 168. L'auteur l'a donnée; si ce n'est peut-être que le nombre 40 qu'il emploie ne se trouve pas déduit de ses premières expériences d'une manière régulière, comme je l'ai fait remarquer en note à propos de la précédente expérience (§. 165.).

Expérience XIII.

§. 169. « Ayez à votre disposition quelques planchettes de sapin de différente épaisseur, et planées des deux côtés, pour faire office d'écran. Arrangez tout comme auparavant, et placez successivement ces nouveaux écrans dans leur position accoutumée. Avec un écran épais d'un huitième de pouce, l'effet sera de 20 degrés; avec un autre de trois huitièmes, l'effet sera de 15 degrés; et avec un troisième d'un pouce entier, l'effet sera de 9 degrés seulement. Ces quantités ne changent pas, si l'on peint les côtés de ces planchettes avec du noir de fumée. A peine est-il besoin de faire remarquer que, dans cette expérience, il s'écoule un tems très-sensible avant que les impressions soient pleinement produites.

Explication.

§. 170. Ceci dépend de la cause que j'ai suffisamment développée, en expliquant les expériences de Mr. Herschel (§. 91.). Un seul côté de l'écran est échauffé par la source; l'autre côté ne reçoit rien, et perd, par l'émission, le calorique qui lui est transmis. Chaque couche, comptée depuis la source, peut être envisagée comme une source par rapport à celle qui la

suit. La 1.ere couche ne peut pas atteindre la chaleur de la source, ni la 2.de celle de la 1.ere, ni la 3.e celle de la 2.de, etc. Mais il y a plusieurs circonstances qui empêchent que les transmissions ne suivent ici une progression géométrique parfaitement régulière. — 1.° La source, c'est-à-dire, le vase cubique, est à deux pouces de la 1.ere couche, qui reçoit immédiatement son influence; tandis que les couches suivantes sont contiguës. Il doit par cette raison y avoir une plus grande perte de la source à la 1.ere couche, que de la 1.ere couche à la 2.de — 2.° La surface de l'écran, qui est immédiatement exposée à l'influence calorifique, étant exposée à l'air libre, rayonne de ce côté-là aussitôt qu'elle s'échauffe, au lieu qu'il n'y a rien de semblable pour les autres couches. Par ces deux raisons, la 1.ere couche ne transmet que la $\frac{1}{5}$ème du calorique de la source, tandis que les suivantes transmettent une partie beaucoup plus considérable de celle qu'elles reçoivent. Pour qu'il y eût une progression géométrique régulière, il faudroit qu'on eût placé à des intervalles égaux (comme de 2 pouces, par exemple), des écrans de même épaisseur. Mais, même dans cet appareil, il y auroit eu une cause d'inégalité, agissant dans le même sens que le

précédentes. La mesure de l'effet produit par l'interposition des écrans est le mouvement de la liqueur du thermomètre différentiel. Or ce thermomètre est placé à d'inégales distances des écrans, ou même des différentes couches successives d'un même écran. Il doit résulter de là une influence plus forte en apparence de la part des écrans plus rapprochés du thermomètre; et par conséquent quelque légère déviation de la loi. Malgré cela, comme les couches intérieures d'un même écran sont peu affectées de ces causes d'inégalité, on peut observer que la progression géométrique s'y manifeste assez clairement. En effet, puisqu'après avoir traversé une couche de $\frac{1}{8}$ de pouce l'effet est 20 et qu'après $\frac{3}{8}$ il est 15, on peut conclure de là que, dans l'intérieur du bois, $\frac{2}{8}$ d'épaisseur réduisent la transmission au $\frac{3}{4}$ de ce qu'elle étoit auparavant; d'où encore on inférera que l'épaisseur de $\frac{1}{8}$ de pouce réduit la transmission à $\sqrt[5]{\frac{3}{2}}$. Calculant selon cette progression on trouvera que, pour les $\frac{5}{8}$ restans, la transmission doit avoir été 15 degrés multipliés par la cinquième puissance de $\sqrt[5]{\frac{3}{2}}$, quantité égale à $7\frac{1}{3}$ degrés. Au lieu de cela l'expérience a donné 9 degrés pour la transmission par la planche d'un pouce d'épaisseur. Cet écart n'est pas assez considérable pour

qu'on ne puisse pas l'attribuer aux inexact tudes inévitables des instrumens servant ici c mesure. En effet si l'on suppose qu'au lie de 20 degrés accusés par le thermomètre av l'écran de $\frac{1}{8}$ de pouce, l'effet ait été de 2 degrés, on trouvera, en suivant le mêm procédé de calcul dont nous venons de fai usage, que l'effet avec l'écran d'un pouce dû être précisément tel qu'il a été, c'est-à dire, de 9 degrés. Dans cette matière, on n peut approcher beaucoup plus des faits ob servés, en les estimant par la théorie. Quant la quantité d'interception par le 1.er écran d de pouce, on ne pouvoit point en prévoir quantité; et il suffit d'avoir reconnu qu'el devoit être (comme elle a été en effet) bea coup plus que proportionnelle. Si la coule noire n'a rien ajouté à l'effet, c'est une preu que le sapin absorbe par lui-même beaucou de calorique.

§. 171. A la suite de cette expérience l'auteur ajoute :

« Je n'ai pas besoin de répéter ici que toutes expériences réussissent également, et selon les mêm proportions exactes, par le froid comme par chaleur. »

§. 172. Ce phénomène ne s'explique p

moins commodément par l'équilibre mobile en ce cas qu'en tout autre. Avant que l'on place l'écran, le thermomètre différentiel baisse; parce qu'il s'épuise de calorique, en faisant avec le vase des échanges désavantageux. L'écran que l'on interpose empêche cet effet, en faisant lui-même par sa 1.ere couche des échanges désavantageux avec le vase; la 2.de couche en fait à son tour avec la 1.ere, la 3.eme avec la 2.de etc. Mais la 1.ere couche est à 2 pouces du vase, tandis que les couches sont contiguës entr'elles; par cette raison, la 1.ere doit être moins refroidie, que si elle touchoit le vase. De plus, étant immédiatement exposée à l'air libre, elle s'échauffe par la voie du rayonnement général. Outre cela, les couches successives en s'éloignant du vase se rapprochent du miroir, d'où il doit résulter une influence plus grande selon ce rapprochement, car c'est à une distance constante, que se vérifieroit la loi.

§. 173. Je répugne à pousser plus loin ce détail d'explication, qui ne différant du cas précédent, que comme les quantités négatives diffèrent des positives, exigeroit la répétition textuelle des mêmes phrases et des mêmes mots *.

* Voyez à la fin la note E.

§. 174. Mr. Leslie insère, à la suite de la XIII.me expérience, un fait qui doit être recueilli, quoique jusqu'ici il ne me paroisse pas devoir donner lieu à aucune remarque particulière. Voici ce qu'il rapporte :

« La vitesse de la transmission doit être prodigieuse, car quoique je fisse agir fortement le vent d'un soufflet sur la surface du vase, je ne produisois aucun changement sensible au foyer du miroir. »

Le courant de calorique, tel que nous le concevons, est assez subtil et assez rapide, pour que la vitesse du vent, qui le traverse, ne doive pas l'affecter beaucoup. Et apparemment que le refroidissement (ou l'échauffement), opéré sur le vase chauffé (ou refroidi), n'étoit pas sensible pendant la durée de cette expérience, qui ici (comme on voit) est énoncée fort succinctement.

Expérience XIV.

§. 175. « Placez l'appareil dans une cuve suffisamment grande, et fixez chaque pièce dans la position qu'elle doit avoir. Remplissez ensuite la cuve d'eau froide, de manière à couvrir le tout, à l'exception d'un entonnoir soudé à l'ouverture du vase cubique. Les choses étant ainsi disposées,

versez de l'eau bouillante dans le vase. Quelle que soit celle des faces du vase, qui soit dirigée de front vers le miroir; le thermomètre différentiel ne sera point affecté.»

Remarque.

§. 176. Ceci prouve que dans l'eau il n'y a point de rayonnement, sensible au thermomètre différentiel. On auroit déjà été fort porté à le croire, d'après les belles expériences du C. de Rumford sur le défaut de faculté conductrice des liquides*. Au surplus comme l'eau est transparente à un assez haut degré, elle auroit sans doute manifesté au photomètre la radiation lumineuse. Un photomètre très-sensible devroit accuser même la lumière que n'aperçoit pas l'œil dans l'état ordinaire, et qui ne devient perceptible que dans certains cas particuliers. Mais le photomètre de Mr. Leslie est une espèce de thermomètre, puisqu'il n'est essentiellement que le thermomètre différentiel avec une boule noircie (§. 177.

* Ce même physicien a vu aussi que dans l'air un vase de verre se refroidit plus vite qu'un vase de fer-blanc; et qu'au contraire dans l'eau, c'est le vase de fer-blanc qui se refroidit plus rapidement. *Mém. sur la chaleur*, p. 150.

Exp. XVII.) On peut donc croire que l'eau n'est pas imperméable à toute espèce d'émanation calorifique. Cela pourroit faire soupçonner qu'un thermomètre, encore plus sensible que le thermomètre différentiel, ne seroit pas resté immobile dans cette expérience. Du reste celle-ci ne dépend pas de la théorie du calorique rayonnant, puisqu'aucun rayonnement ne s'y manifeste. Je n'ai donc aucun explication à donner. L'expérience est intéressante sans doute, mais elle n'est pas du ressort de la théorie dont j'ai entrepris de suivre les applications.

CHAPITRE V.

De la loi relative aux distances et aux inclinaisons.

Les expériences que je vais rapporter semblent exiger quelques déterminations particulières dans la constitution du calorique (§. 11.).

§. 177. « Lorsque les émanations se font en ligne droite, leur effet doit en général décroître comme le carré des distances à la surface rayonnante. Mais il y a une distinction essentielle à faire entre la quantité absolue de l'effet et son degré d'intensité. Le même rayon de lumière peut prendre une forme diffuse ou condensée. Il peut couvrir un grand espace d'un foible éclairement, ou agir sur un petit espace avec une force concentrée. La quantité de lumière, que l'œil reçoit d'un corps lumineux éloigné de lui, diminue comme le carré de la distance. Mais la grandeur visuelle de cet objet décroissant dans la même proportion, son éclat ou l'intensité de sa lumière doit être invariable. De même le nombre des rayons qui tombent sur la surface d'un

miroir concave est inversement proportionnel à la distance de l'objet rayonnant. Mais puisque l'image sous-tend, au fond du miroir, le même angle que sous-tend l'objet rayonnant; cette image occupe un espace directement proportionnel au carré de la distance. Par conséquent, en supposant le foyer à une place invariable, il devroit avoir constamment le même degré d'intensité. Lorsque l'objet est éloigné, tout cela est sensiblement vrai, parce qu'en ce cas le foyer correspondant ne se déplace pas sensiblement. Et lorsqu'il se déplace sensiblement on peut démontrer, quoique cela paroisse d'abord un paradoxe, que l'intensité de l'effet diminue un peu à mesure que l'objet s'approche; car, par les lois de la catoptrique, tandis que l'objet s'approche, le foyer s'éloigne un peu du miroir. Je donnerai à ce sujet un théorême assez élégant: Supposons que la réflexion des rayons soit complète, leur faculté d'éclairer au foyer d'un miroir concave est exactement la même que celle qui auroit lieu, si la surface du miroir étoit convertie en une matière semblable à celle de la source lumineuse, et si elle agissoit directement *. Ainsi; que

* Voyez à la fin la note F.

l'on

dirige un miroir concave vers la lune, l'éclat foyer sera le même, que si l'on supprimoit le oir, et qu'on lui substituât une surface circu- : de même étendue, composée de la matière a lune. De même, si l'on pouvoit transporter oas une portion du corps du soleil; elle brû- it un corps placé à la distance du foyer d'un oir concave, avec la même intensité que ce oir concave, supposé de même dimension, peut ler lorsqu'on le présente au soleil. Ou, pour me 'ir d'un exemple plus à notre portée, un mor- ı de papier sur lequel on reçoit l'image de la ıme d'une bougie, acquiert le même éclat, que on l'éclairoit par un assemblage de bougies upant la place du miroir, et couvrant en entier surface de leurs flammes unies en une seule ıse. Il est aisé, en conséquence de ce théorême, reconnoître, si les transmissions de la chaleur lu froid au travers de l'air se font en ligne ite avec une vitesse constante, et si en consé- :nce elles sont réfléchies avec la même précision a lieu dans le choc des corps élastiques, soit r'eux soit contre un plan élastique comme eux. nt que le lieu où se concentrent les impressions assez étendu pour couvrir la boule du thermo-

mètre différentiel, celui-ci doit indiquer l'intens d'action dans toute sa plénitude; et en conséquen la mesure ainsi obtenue ne diminuera point, l même qu'on éloignera le vase cubique du miroi et qu'on le placera successivement à des distanc plus grandes; il devra même arriver au contrair en l'éloignant ainsi, que la mesure de son actic croisse un peu. La seule chose requise est don que le vase, vu du fond du miroir, sous-tend un angle aussi grand que celui que sous-tend l boule focale. Le miroir dont je faisois usage avoi une longueur focale d'environ 6 pouces, et le boules du thermomètre différentiel étoient de quatr dixièmes de pouce en diamètre. Il résulte de ce données que la condition étoit remplie, tant qu la distance du vase ne surpassoit pas 15 fois sa lar geur. Or, pour éviter à cet égard toute espèce d risque, je n'ai jamais placé le vase à une distanc plus grande que 12 fois sa largeur.

Expérience XV.

Le vase cubique de six pouces, présentant s face noircie, donnoit, à la distance de trois pieds l'effet servant d'étalon ou de règle fixe, savoir 10 degrés. Lorsqu'on le plaçoit à la distance de si

pieds, il ne produisoit plus qu'un effet de 57 degrés.

Ainsi en plaçant le vase à une distance double de celle où il étoit d'abord, l'énergie qu'il déploie est réduite presque à la moitié. Mais si l'effet s'étoit opéré conformément aux lois de la catoptrique, au lieu de 57 degrés, il auroit été de 116. En effet, 100 est à 116, comme le carré de 5,37 est au carré de 5,81; ces deux derniers nombres exprimant en pouces les longueurs focales, correspondant aux distances de 6 et de 3 pieds. En corrigeant de la même manière les quantités, j'ai trouvé en général, dans les limites de mes expériences, que la mesure relative de l'effet étoit presque exactement en raison inverse de la distance du vase. Cette diminution successive ne peut pas être attribuée à quelque obstacle opposé par l'air que traverse l'influence calorifique; car, si cela étoit, la progression, selon laquelle la diminution se seroit opérée, auroit été bien différente. L'effet de la distance de 3, 6 et 9 pieds, au lieu d'être représenté par les fractions $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{6}$ et $\frac{1}{9}$, auroit été exprimé par la suite géométrique, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{27}$.

Un écart aussi frappant des propriétés des émanations rectilignes doit provenir de manière ou d'autre, en tout ou en partie, de quelque réflexion

imparfaite. On ne peut pas non plus l'attribuer quelque inexactitude dans la figure de la surface réfléchissante; car le foyer étant si près du réflecteur, un défaut de cette espèce ne produiroit qu'une aberration de peu de conséquence. Mais si l'on élevoit encore quelques soupçons sur l'influence de cette source d'erreur, l'expérience suivante les feroit entièrement disparoître.

EXPÉRIENCE XVI.

Au lieu de miroir de fer-blanc, je fis usage d'un très-grand miroir concave de verre. Il avoit deux pieds de diamètre, et étoit le segment d'une sphère de six pieds de rayon. Mais comme l'eau bouillante ne produisoit presque aucune impression visible au foyer d'un tel miroir, je préférai pour ce genre d'expériences, le feu de charbon *, comme étant celui qui présentoit la surface ardente la plus uniforme, entretenue d'ailleurs dans un état constant d'ignition, par le courant d'air non interrompu d'un soufflet à double vent. Quand le miroir étoit à dix pieds du feu; la longueur focale étant alors de quatre pieds, le thermomètre différentiel marquoit 37 degrés. Mais quand il eut été

nis à la distance de trente pieds; la longueur focale correspondante étant 38 pouces, l'effet produit ne fut que de 21 degrés.

Pour comparer ces effets avec précision, il faut appliquer la correction requise pour ces différentes longueurs focales. Comme le carré de 38 est au carré de 48, ou en nombres ronds, comme 8 est à 5, ainsi 21 est à 13. Ainsi l'action du feu, qui s'est manifestée à 30 pieds du miroir, étant rapportée au même foyer que celle qui s'est manifestée à 10 pieds, auroit été de 13 degrés. Ce nombre est presque exactement le tiers de 37, effet qui a eu lieu réellement à la distance de 10 pieds. En ce cas donc, comme dans le cas des miroirs de fer-blanc, l'intensité de l'action a été inversement comme la distance de la source.

Le principe, que j'ai déduit des lois connues de la catoptrique, a été admirablement confirmé par le photomètre. Cet instrument, inventé pour mesurer l'intensité de la lumière, sera décrit pleinement ci-après *. Je me contenterai de dire ici,

* Mr. Leslie consacre en effet la fin de son ouvrage à la description de cet instrument et à une suite d'expériences photométriques, que mon sujet ne m'appelle pas à discuter. *P. P. p.*

que ce n'est autre chose que le thermomètre diffé rentiel sous une forme particulière et réduite, ave une boule noire, le tout étant enfermé dans u étui de verre. Par ce moyen, l'instrument n'e affecté que de l'impression de la lumière, qui tra verse l'étui et agit, par voie d'absorption, sur l boule noire. Quand le miroir concave étoit à 1 pieds du feu de charbon, le photomètre marqua 50 degrés, tandis que le simple thermomètre diffé rentiel marquoit 37. Mais quand le miroir fu éloigné jusqu'à la distance de 30 pieds du feu, photomètre s'éleva à 78 degrés, tandis que le the momètre différentiel descendit à 21. J'ai remarqu ci-dessus que les intensités, correspondant à ces deu différens foyers, devoient être dans le rapport 5 à 8. Ce rapport donneroit 80, au lieu de 78 pour l'effet sur le photomètre à la distance de 5 pieds. Cet accord est aussi grand que l'on peu raisonnablement l'attendre dans des expériences cette nature. On remarque un contraste bien fra pant entre la réflexion de la lumière et celle la chaleur. »

Essai d'explication.

§. 178. Ces expériences, fondées sur

théorème d'optique élégant et ingénieux, sont sans doute fort belles et déduites avec beaucoup d'art. Elles prouvent clairement quelque déperdition de calorique. Mais l'expérience photométrique prouve de son côté que l'émanation calorifique, connue sous le nom de lumière, n'éprouve aucune déperdition sensible. Ne pourroit-on pas en conséquence présumer que le calorique n'est pas homogène? Cette nouvelle détermination paroît indiquée ici; et si aucun fait ne la contredit, elle pourroit s'énoncer ainsi :

Le calorique est composé de deux espèces de particules, les unes plus grossières et les autres plus subtiles.

Quoique cet énoncé ne suppose que des particules de deux espèces, je serois porté à croire qu'il y en a de plusieurs espèces. Mais avec deux, le sujet est déjà compliqué; et peut-être ce nombre suffira-t-il à faire entrevoir l'explication du phénomène que nous avons sous les yeux. Le calorique subtil, comparable à la lumière, traverse librement l'air, peut-être même quelques autres corps. Le calorique grossier est sujet à être intercepté par l'air, et même en assez grande quantité.

Soient ces deux caloriques g (le grossier), e (le subtil). Après avoir traversé une couche

d'air, d'épaisseur donnée, soit transmise la partie $\frac{1}{t}$ du calorique grossier; la transmission totale, et par conséquent l'effet, sera donc $\frac{g}{t}+s$; et pour deux couches pareilles $\left(\frac{g}{t}\right)^2+s$; et pour trois couches, $\left(\frac{g}{t}\right)^3+s$; etc.

Maintenant la condition expérimentale est que l'effet soit toujours inversement proportionnel à la distance, ou au nombre des couches d'air. Ainsi, n étant le nombre des couches, il faut que $\left(\frac{g}{t}\right)^n+s$ soit proportionnel à $\frac{1}{n}$.

Traitons le cas pour les deux premières couches; on trouvera $s=\frac{g}{t}-\frac{2g^2}{t^2}$. Prenant arbitrairement $g=3$, $t=10$; on aura $s=0'12$. Et en employant cette quantité, il est facile de voir que la proportion observée aura lieu; car on aura $\frac{g}{t}+s=0'42$, et $\left(\frac{g}{t}\right)^2+s=0'21$.

Il est vrai qu'à la troisième couche, il y auroit un léger écart, qui croîtroit encore à la 4.eme, etc. Mais on pourroit faire à ce sujet quelques remarques: 1.° L'auteur avoit résolu de ne pas aller au-delà d'une distance égale à douze fois la largeur du vase qu'il employoit (p. 194.); par conséquent il n'a point dû, dans l'expérience XV, passer la distance de 6 pieds *;

* On a vu que la largeur du vase étoit de 6 pouces (§. 177. Exp. XV.). L'exp. XVI va plus loin, mais la réflexion imparfaite du verre inspire moins de confiance.

EXPÉRIENCE [illegible]

Vous avez à votre disposition [illegible]
[illegible] le mercure [illegible]
[illegible] pouces. Pour faire cette [illegible]
[illegible] auparavant, [illegible]
[illegible] deux verres dans leur [illegible]
[illegible] un verre rempli d'un [illegible]
[illegible] 50 degrés; avec un [illegible]
[illegible] sera de 15 degrés; [illegible]
[illegible] entier, l'effet sera [illegible]
quantités ne changeront [illegible]
de ces planchettes [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]

[illegible]

sept premiers termes seront comme les nombres

224, 128, 80, 56, 44, 38, 35,

au lieu d'être comme ceux-ci,

224, 112, $74\frac{2}{3}$, 56, $44\frac{4}{5}$, $37\frac{1}{3}$, 32. *

Ces exemples font voir que l'on peut approcher beaucoup de la loi observée, même en supposant que l'on prend des distances très-variées, tandis que les expériences faites jusqu'ici, et à nous connues, n'établissent la loi que pour trois distances dont le rapport est 1, 2, 3 (ou plutôt $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$). Il est facile de voir aussi que si l'on supposoit trois espèces de caloriques; un grossier, un subtil et un moyen, on approcheroit encore davantage de la loi supposée.

Malgré cette facilité d'expliquer le phénomène par des suppositions, je ne m'en sens par très-satisfait. Si la loi inverse des distances, qui s'est manifestée dans deux ou trois distances comparées, se montroit constante par de nouvelles expériences; il y auroit là une détermination bien particulière, dont on auroit quelque lieu d'être surpris. Je reste donc convaincu que l'effet observé est produit par quelque déperdition de calorique. Cette déperdi-

* Quelques-uns de ces exemples m'ont été fournis par mon savant collégue Mr. le prof.r Lhuilier.

tion me paroît devoir dépendre essentiellement de l'interception par l'air. Et en ce cas la distinction de deux ou plusieurs espèces de caloriques me paroît naturelle. Mais il peut y avoir d'autres causes de déperdition ou d'écart et d'aberration *.

EXPÉRIENCE XVII.

§. 179. « Employant toujours le même étalon que ci-devant, un vase cubique de 3 pouces en carré, présenté de front au miroir par sa face noircie, à la distance de 3 pieds, produit un effet de 50 degrés. Un vase cubique de 4 pouces en carré, à la distance de 4 pieds, en a produit un de 54 degrés. Un vase cubique de 6 pouces en carré, à la distance de 6 pieds en a produit un de 57 degrés. Un vase cubique de 10 pouces en carré, à la distance de 10 pieds, en a produit un de 59 degrés.

---

* En particulier, il ne faut pas oublier de remarquer que chaque couche d'air, qui opère une interception, s'échauffe et commence à rayonner. Il faut aussi peut-être avoir égard à l'effet de la conductibilité, ou des petits courans d'air, qui peuvent se mêler au rayonnement, et compliquer le cas. Peut-être enfin la détermination qui va être introduite (§. 180), à la suite de l'expérience suivante, pourroit-elle s'appliquer au fait que je viens de discuter.

distance, se présente à l'œil sous différens degrés d'obliquité; son éclat ne laissera pas d'être le même. Cependant si les rayons étoient également abondans en toute direction, le degré d'intensité de l'éclairement devroit aller en croissant à mesure que l'on place la surface dans une position plus oblique, puisque l'œil reçoit toujours la même quantité de lumière, tandis que la grandeur optique diminue par l'obliquité. L'éclat d'une surface lumineuse seroit en raison inverse du cosinus de son inclinaison, ou comme la sécante de cet angle. Il arriveroit de là qu'un boulet rouge paroîtroit plus sombre au centre et fort brillant sur ses bords. Mais cela n'a pas lieu; car à une grande distance le boulet ne se distingue pas d'un simple disque lumineux. Il suit de là que la lumière est émise avec moins d'abondance dans les directions obliques, et que la densité des rayons est à peu près comme le cosinus de leur déviation de la perpendiculaire *. »

---

* On ne peut s'empêcher de remarquer ici que cette opinion de Mr. Leslie mérite toute l'attention des physiciens. Si elle venoit à se confirmer elle auroit des conséquences importantes. Elle tendroit, par exemple, à modifier l'un des argumens par lesquels les astronomes établissent l'existence d'une atmosphère très-épaisse autour du soleil. Voyez *Système du monde* par Laplace, 3.e édition, 1808. L. I. c. II. p. 13.

Voilà une analogie dont on peut faire l'application au calorique rayonnant. Et en effet des expériences que nous rapporterons portent à croire que l'émission du calorique est assujettie à la même loi (§. 184.).

Si tout le calorique étoit émis perpendiculairement à la surface qui l'émet, 1.° à même distance, l'effet du vase sur la boule focale devroit, comme dans la supposition commune, se proportionner exactement à la grandeur de la face tournée de front contre le miroir. 2.° La distance du vase au miroir ne produiroit aucun changement dans l'effet, si ce n'est en tant que l'air, ou toute autre cause, feroit obstacle à l'émission.

Mais on a cru voir, dans les expériences précédentes, que l'obstacle produisant la déperdition étoit en raison de la distance du vase au miroir, ou en d'autres termes, que la quantité de calorique transmise étoit inversement comme la distance du vase au miroir (§§. 177. 178.).

Afin donc d'obtenir l'égalité à toute distance, dans le cas du perpendicularisme, il faudroit que les faces d'où émane le calorique fussent proportionnelles à leurs distances du miroir.

Au lieu de cela l'égalité d'effet a lieu, les faces étant proportionnelles aux carrés de ces mêmes distances.

1.er *Exemple.* Soit $g=19$, $s=3$, $\frac{g}{t}$

Les transmissions seront à peu près p
tionnelles inversement au nombre des c
d'air interposées, et par conséquent au
toutes, depuis 1 jusqu'à 4. En effet, o
en ce cas les quantités

$$\frac{g}{t}+s,\ \left(\frac{g}{t}\right)^2+s,\ \left(\frac{g}{t}\right)^3+s,\ \left(\frac{g}{t}\right.$$

proportionnelles respectivement à

	30,	15,	$9\frac{3}{8}$,
au lieu de	30,	15,	10,

2.e *Exemple.* Soit $g=\frac{8}{9}$, $s=\frac{1}{9}$, $\frac{g}{t}=$
premier, second et troisième termes
conformes à la loi, le quatrième term
différera que de $\frac{1}{81}$ème.

3.e *Exemple.* Soit $g=\frac{44}{45}$, $s=\frac{4}{45}$, $\frac{g}{t}=$
premier, troisième et cinquième termes
conformes à la loi. Le second et le qu
s'en éloigneront peu.

4.e *Exemple.* Soit $g=\frac{8}{3}$, $s=\frac{1}{3}$, $\frac{g}{t}=$
second, quatrième et sixième terme
conformes à la loi.

5.e *Exemple.* Soit $g=\frac{17}{11}$, $s=\frac{1}{11}$, $\frac{g}{t}$
[illegible] les cinq premiers termes asse
[illegible] à la loi.

6.e *Exemple.* Soit $g=\frac{11}{3}$, $s=\frac{1}{3}$,

que la distance ne doit produire qu'une diminution simplement proportionnelle ; si cela étoit, cette fonction de la distance, se composant avec celle qui dépend de l'obstacle de l'air, et qui est la même, produiroit en tout la loi du carré, laquelle se vérifie dans l'expérience.

Cette explication doit probablement se combiner avec celle de l'auteur, que l'on comprendra mieux, lorsqu'on connoîtra les expériences qui l'étaient.

Expérience XVIII.

§. 181. « Le vase cubique de six pouces fut posé de manière à présenter de front au miroir sa face noircie, à la distance accoutumée de trois pieds, le thermomètre différentiel étant en place. A la même hauteur que le milieu du vase, on fit promener lentement le long de sa surface la flamme d'une petite bougie ; et l'on observoit en même tems la marche de l'image réfléchie. Dès que la flamme s'éloigna de l'axe du miroir d'une quantité égale à deux pouces ; l'image lumineuse cessa d'atteindre la boule focale. Telle est donc la limite du foyer

---

près comme le cosinus de leur déviation de la perpendiculaire. Voyez ci-dessus, au commencement de ce §. 180, p. 206 ; voyez aussi §. 184, p. 219.

tion me paroît devoir dépendre essentiellement de l'interception par l'air. Et en ce cas la distinction de deux ou plusieurs espèces de caloriques me paroît naturelle. Mais il peut y avoir d'autres causes de déperdition ou d'écart et d'aberration *.

Expérience XVII.

§. 179. « Employant toujours le même étalon que ci-devant, un vase cubique de 3 pouces en carré, présenté de front au miroir par sa face noircie, à la distance de 3 pieds, produit un effet de 50 degrés. Un vase cubique de 4 pouces en carré, à la distance de 4 pieds, en a produit un de 54 degrés. Un vase cubique de 6 pouces en carré, à la distance de 6 pieds en a produit un de 57 degrés. Un vase cubique de 10 pouces en carré, à la distance de 10 pieds, en a produit un de 59 degrés.

---

* En particulier, il ne faut pas oublier de remarquer que chaque couche d'air, qui opère une interception, s'échauffe et commence à rayonner. Il faut aussi peut-être avoir égard à l'effet de la conductibilité, ou des petits courans d'air, qui peuvent se mêler au rayonnement, et compliquer le cas. Peut-être enfin la détermination qui va être introduite (§. 180), à la suite de l'expérience suivante, pourroit-elle s'appliquer au fait que je viens de discuter.

Ces quantités sont presque égales. Mais si on y applique la correction requise pour la différence des longueurs focales, l'identité, qui nous frappe du premier abord, deviendra encore bien plus apparente. Les longueurs focales, correspondant aux distances 3, 4, 6, 10 pieds, sont respectivement 5'81, 5'58, 5'37, 5'22 pouces. Les carrés de ces nombres sont 33'8, 31'1, 28'9, 27'3. Réduisant donc proportionnellement les nombres donnés par l'expérience, les effets corrigés pour les distances 4, 6, 10 pieds seront respectivement 51, 49, 48. Les petites différences qu'offrent ces résultats sont probablement dues à l'imperfection de l'expérience, qui n'a été répétée qu'une fois. »

Essai d'explication.

§. 180. L'auteur fait sur la lumière une remarque qui peut trouver ici son application *. Il dit que les corps lumineux sont composés de points qui ne rayonnent pas également en tout sens, mais beaucoup plus abondamment selon la direction perpendiculaire à la surface lumineuse. Et il le prouve par ce raisonnement :

« Si une surface brillante, placée à une grande

* C'est à la fin du chap. X, §. [illegible]

du miroir le point de la plus forte chaleur. En effet, le pinceau réfléchi par un point venant à couper l'axe, il arrive qu'en deçà du foyer les rayons sont plus condensés sur la section, qu'ils ne le sont en delà. Cette conséquence de théorie se trouve confirmée par l'observation; ce qui donne beaucoup de poids à la conjecture d'où elle est déduite.

« Si l'on place le thermomètre différentiel un demi-pouce plus près du miroir que le vrai foyer, l'effet est augmenté de plus d'un tiers; si on l'en rapproche d'un autre demi-pouce, l'effet est moindre qu'au premier rapprochement; mais il surpasse encore d'un quart celui qui avoit lieu au vrai foyer. Au contraire si l'on place le thermomètre plus loin du miroir que le vrai foyer, l'impression diminue rapidement; et à un pouce du foyer, elle n'est pas la septième partie de ce qu'elle étoit au vrai foyer. Un seul exemple suffira.

Expérience XIX.

Le vase cubique de six pouces fut placé à six pieds du miroir, et le thermomètre différentiel fut mis exactement au foyer optique. L'effet fut de 58 degrés. Un demi-pouce plus près du miroir, le thermomètre s'éleva à 80 degrés; et un pouce plus

près, il marquoit encore 70 degrés. Mais si on le faisoit mouvoir dans l'autre sens, et qu'on le plaçât un demi-pouce plus loin du miroir que le foyer optique, l'action n'étoit plus que de 20 degrés; et un pouce au-delà, le thermomètre tomba à 8 degrés. »

§. 184. J'ai dit ci-dessus (§. 180.) qu'il paroissoit, par quelques expériences de Mr. Leslie, que le calorique émanoit avec plus d'abondance selon la direction perpendiculaire à la surface qui l'émet, que selon toute autre direction. Voici les expériences qui rendent ce fait probable.

Expérience XX.

« Placez le vase à une distance du miroir, qui ne soit pas moindre que dix fois sa largeur; et disposez l'appareil comme de coutume. Dans cette position l'action de toute la face noircie sera concentrée sur la boule focale. Tournez la face du vase de manière à la rendre de plus en plus oblique, en conservant toutefois son centre constamment à la même place. L'effet correspondant à ces situations de plus en plus obliques, ira de plus en plus en diminuant; d'abord graduellement, et ensuite d'une marche accélérée.

Ainsi les impressions de chaleur et de froid se propagent à travers l'air, avec des degrés inégaux de diffusion. La force de ces impressions est évidemment plus grande dans la ligne perpendiculaire à la surface, et elle décroît régulièrement à mesure que la direction devient plus oblique. Il doit y avoir entre cette force et l'angle d'obliquité un certain rapport. L'expérience suivante tend à le déterminer.

Expérience XXI.

Ayez à votre disposition un écran d'étain, composé de deux feuilles qui se rapprochent et se ferment à volonté par une ligne verticale, et qui puissent s'ouvrir en laissant entr'elles une fente ou écartement, de la largeur dont on peut avoir besoin. Rangez vos appareils comme ci-devant, et placez l'écran un peu en avant du vase, parallèlement à sa face noircie. Ouvrez l'écran, en tirant également les deux feuilles, l'une d'un côté, l'autre de l'autre; et notez l'effet produit sur le thermomètre différentiel. Tournez ensuite le vase sur son centre, jusqu'à ce qu'il remplisse justement l'espace vide par derrière, ou en d'autres termes de manière que du bord du vase, il ne puisse passer à travers l'ouverture, aucune ligne qui atteigne directement la surface

du miroir. L'ouverture de l'écran étant successivement diminuée, le vase prendra une situation de plus en plus oblique. Dans tous les cas, l'impression faite sur la boule focale dépendra de la grandeur de l'ouverture, et sera à peu près la même, soit que la face du vase demeure parallèle ou inclinée au plan de l'écran. A la vérité, lorsque l'obliquité devient très-considérable; on commence à apercevoir une légère diminution dans l'effet, qui s'élève rarement à sa dixième ou même à sa vingtième partie.

Dans cet exposé du fait, je me suis abstenu à dessein de donner les résultats numériques, parce que les réductions qu'ils exigent m'auroient nécessairement entraîné dans une discussion obscure et fastidieuse. Si le miroir étoit placé à une distance infinie, les lignes menées de la face noircie du vase au miroir pourroient passer pour parallèles. En conséquence, la partie de cette face dont l'influence se fait sentir, seroit exactement définie par deux plans perpendiculaires à l'écran et passant par les limites de l'ouverture. Mais ces bornes sont sensiblement étendues par l'angle que sous-tend le miroir. Quand la face du vase est parallèle à l'écran, il y a, en dehors des deux limites, une partie accessoire, une espèce de pénombre, marquée par des lignes menées des

bords du miroir. Cette partie enveloppée dans la pénombre produit un certain effet partiel. Quand le vase est dans une position oblique, la pénombre acquiert une largeur double, mais ne se trouve que d'un seul côté. Comme elle est un peu plus éloignée, et comme elle fait un angle plus aigu avec une ligne menée au milieu du miroir, l'impression accessoire qu'elle produit est évidemment diminuée. D'après l'examen de quelques faits particuliers, je suis porté à croire que cette diminution compense l'augmentation qui devroit naturellement résulter de l'augmentation d'étendue de la face rayonnante *. Nous pouvons donc conclure en général, que l'action éloignée d'une surface échauffée est équivalente à celle de sa projection orthographique, et doit être estimée par la grandeur visuelle de sa source. Il suit de là qu'un vase de forme prismatique, ayant son angle aigu tourné vers le miroir, produira la même impression sur la boule focale, que si, changeant de position, il présentoit au miroir l'une de ses faces. Je n'en ai pas fait l'expérience, mais j'en ai fait une autre qui à quelques égards offre plus

* L'auteur dit simplement : « Je suis disposé à compenser ce » déficit par ce que j'ai remarqué ci-dessus. » *P. P. p.*

d'avantages, puisqu'elle montre l'effet combiné de toutes les inclinaisons possibles d'une telle face.

Expérience XXII.

A la distance de cinq pieds, je plaçai de front devant le miroir un vase cylindrique de 6 pouces de diamètre et d'autant en hauteur, ayant sa surface antérieure peinte en noire de fumée. L'effet sur le thermomètre différentiel fut noté; et après avoir enlevé ce vase cylindrique, un autre vase, de forme cubique et de mêmes dimensions, fut mis à sa place, ou plutôt à peu près un pouce plus loin. Le même effet continua d'être produit.

Les divers degrés de force, correspondant aux diverses inclinaisons de la surface échauffée, peuvent être aussi recherchés d'une manière un peu différente, et qui rend inutile l'emploi des écrans. Il ne sera pas hors de propos de faire connoître ce procédé.

Expérience XXIII.

Après avoir peint une face d'un vase cubique et avoir rafraîchi l'éclat métallique des autres faces; placez-le à une distance convenable du miroir, et arrangez vos appareils. Tournez la face noircie successivement autour de son centre; et à chaque in-

tant comme le centre d'un hémisphère de rayons à peu près uniformément distribués. Mais la force répulsive se combinant avec le mouvement d'émission tend à les rejeter dans la direction perpendiculaire au plan, ou en général à diminuer l'obliquité de leur direction. Cette application d'un principe connu, et fort généralement admis pour la lumière, pourroit-elle servir à expliquer la loi (exacte ou approchée) que les expériences précédentes semblent attester pour un fluide plus grossier ?

CHAPITRE VI.

Sur la loi du refroidissement et de l'échauffement.

§. 186. Mr. Leslie fait une suite d'expériences pour découvrir comment les émissions calorifiques dépendent de la nature du corps qui émet, du poli de sa surface, de son épaisseur, de sa dureté, de sa couleur. Je ne suis pas appelé à suivre ce détail, qui est en grande partie lié à des circonstances étrangères à la théorie du calorique rayonnant *.

---

* Des expériences de cette nature ont été d'ailleurs entreprises par Mr. Biot, (et par conséquent avec un

Une nouvelle classe d'expériences, liées à cette théorie, se présente à la suite de celles-ci. Ces expériences sont celles où il s'agit du tems employé par un corps pour atteindre la température du milieu dans lequel il est plongé. On se souvient que la loi, que nous avons déterminée (§. 40.), porte que, les tems croissant en progression arithmétique, la température suit dans son changement une progression géométrique. On a vu que le C. de Rumford a adopté cette loi (§. 41.). Mr. Leslie l'adopte aussi. C'est d'après cette loi, qu'il conclut la quantité de changement qui s'est opérée dans un petit tems donné. Il lui suffit pour cela, de savoir le tems que le corps a employé à atteindre la moitié de l'intervalle entre sa température et celle du milieu. Suivons ce procédé.

§. 187. « Si un corps échauffé perd chaque minute la centième partie de sa chaleur, ou plutôt la centième partie de l'excès de sa température sur celle de l'atmosphère qui l'entoure; à la fin de la première minute, il contiendra encore les $\frac{99}{100}$èmes du tout;

---

nouveau degré de précision et de sagacité), comme étant des conséquences de ses savantes et ingénieuses recherches sur la propagation de la chaleur. Voyez Bibl. brit. T. XXVII. p. 325.

à

à la fin de la deuxième minute, les $\frac{99}{100}$èmes de cette partie restante ou les $(\frac{99}{100})^2$ du tout; à la fin de la troisième minute, les $(\frac{99}{100})^3$ seulement; et ainsi de suite, en suivant progressivement les puissances de la fraction radicale. Par conséquent, le tems écoulé, ou l'intervalle entre deux termes quelconques de cette progression est toujours proportionnel à la différence de leurs exposans, ou à celle de leurs logarithmes. Si, dans l'exemple que je viens de donner, le corps avoit continué de décharger sa chaleur avec la même profusion qu'au commencement; la totalité auroit été dépensée dans l'espace de 100 minutes. Ce nombre est inversement comme $\frac{1}{100}$, qui exprime le *taux* du refroidissement. Je l'appellerai *le tems du refroidissement arithmétique* *. Si le corps s'étoit refroidi deux fois aussi vite que nous venons de le supposer; sa température, après le laps de chaque minute successive, auroit été représentée par la suite $\frac{49}{50}$, $(\frac{49}{50})^2$, $(\frac{49}{50})^3$, etc. Mais s'il s'étoit refroidi uniformément au taux exprimé par le premier terme de cette suite, la température baissant successivement selon les fractions $\frac{48}{50}$, $\frac{47}{50}$, $\frac{46}{50}$, etc., auroit atteint sa limite et rétabli l'équilibre en 50 minutes.

* Cette expression substituée au mot *range of cooling*, m'est suggérée par l'extrait de la *Bibl. brit.* T. XXIX. p. 95. *P. P. p.*

Ce dernier nombre exprime donc le tems du refroidissement arithmétique *. Ainsi le tems du refroidissement arithmétique est à l'intervalle de tems entre deux temperatures, comme l'unité est à la différence de leurs logarithmes correspondans sur l'échelle de Neper, ou comme 0.4342945, module du système, est à la différence de leurs logarithmes communs. Le nombre correspondant au logarithme du module (ou *le rapport modulaire*) est 2.7182818; dont l'inverse, savoir 0.3678794, doit exprimer la température à laquelle le corps arrivera pendant le tems du refroidissement arithmétique, c'est-à-dire pendant le tems qui auroit été requis pour dissiper toute sa chaleur, si sa température avoit baissé selon une progression arithmétique. Il suit de là, qu'après ce tems écoulé il reste encore au corps plus d'un tiers de sa chaleur; savoir $\frac{71}{193}$, ou plus exactement $\frac{2075}{5655}$ **. Ceci suggère une méthode facile de découvrir immédiatement et sans calcul le taux du refroidissement. Il suffit pour cela de saisir,

* On peut définir plus simplement le tems du refroidissement arithmétique, le dénominateur d'une fraction qui a pour numérateur l'unité, et qui exprime le taux du refroidissement en une minute. *P. P. p.*

** L'auteur avertit que ces fractions approchées, sont déduites de la conversion du rapport modulaire par la méthode des fractions continues. *P. P. p.*

dans la série des observations du refroidissement réel, l'instant ou les $\frac{71}{195}$èmes de l'excès de température sont dissipés. Le tems écoulé depuis le commencement de l'expérience jusqu'à cet instant, sera celui pendant lequel le corps auroit perdu toute sa chaleur, si celle-ci l'eût abandonné simplement en progression arithmétique *. Mais il est plus facile encore et plus abrégé de déduire l'énergie frigorifique, du tems écoulé depuis l'origine jusqu'à l'instant où le corps a perdu précisément *la moitié* de son excès de température : on peut obtenir cette donnée de l'observation, ou d'un calcul facile par les logarithmes. »

§. 188. Ici l'auteur fait remarquer qu'un refroidissement allant en progression géométrique n'opéreroit jamais un parfait rétablissement d'équilibre ; mais cette difficulté, comme il l'observe, ne doit pas nous arrêter, parce qu'il s'agit d'équilibre sensible et non rigoureux. Ce n'est qu'un cas particulier d'une règle générale, qui porte que, dans les applications du calcul à la physique, il y a des bornes que le calcul seul n'atteint pas. Il ne seroit pas au

* J'ajoute, d'après l'extrait de la *Bibl. brit.*, cette phrase qui n'est pas dans l'original, et qu'il auroit été facile peut-être de suppléer. *P. P. p.*

reste bien difficile de déterminer ces limites, au moins d'une manière approchée.

§. 189. Une seconde remarque de l'auteur a plus d'importance. Elle est conçue en ces termes :

« Les résultats précédens supposent l'exacte vérité de ce principe fondamental, que les décroissemens de la chaleur sont constamment proportionnels aux températures correspondantes. Cela est certainement vrai dans la communication de la chaleur entre les corps solides, et dans sa dispersion au travers de l'air *. Pour savoir si cela est également vrai dans tous les cas, il faut une recherche patiente. Si l'énergie frigorifique se montre variable, il deviendra nécessaire d'observer les variations de température à de courts intervalles. Selon les circonstances, j'ai noté les quantités plus ou moins souvent : à chaque deux minutes peut-être, ou seulement après l'espace d'une heure.

Ces remarques posées, je reprends la recherche expérimentale.

---

* L'auteur, faisant allusion à une hypothèse, s'exprime ainsi : *dans sa dispersion par le véhicule des pulsations aériennes.*
P. P. P.

EXPÉRIENCE XLIII.

Dans une chambre fermée et sans feu, je mis sur un léger support de métal un globe creux d'étain * plané. Ce globe avoit quatre pouces de diamètre, il portoit un col étroit, et reposoit sur le bord aigu du support. Je le remplis d'eau chaude, et j'y plongeai un thermomètre. L'air de la chambre étoit parfaitement tranquille, et à la température de 15 degrés centigrades. Je notai soigneusement le progrès du refroidissement de ce globe. Depuis l'instant où il étoit à 55° jusqu'à celui où il fut à 25° (d'après l'indication du thermomètre intérieur), il s'écoula 156 minutes. Je peignis ensuite la surface du globe et le revêtis d'une couche de noir de fumée. Après quoi, je le remplis de nouveau d'eau chaude, et je répétai scrupuleusement l'expérience. Le même effet fut alors produit, ou la moitié de la chaleur fut dépensée, en 81 minutes seulement.

Augmentant ces résultats dans le rapport du logarithme de 2 au module du système, ou de 70

* Peut-être de fer-blanc; car le mot anglois *tin* a souvent ce sens. Cela est du reste indifférent au résultat, puisqu'il ne s'agit que de l'action de la surface extérieure, blanche et polie. *P. P. p.*

à 101, nous en conclurons le tems du refroidissement arithmétique, ou le tems dans lequel le globe auroit dépensé toute sa chaleur, s'il avoit supporté constamment la même diminution qu'à la première minute. Ainsi avec la surface métallique, cette limite étoit 225 minutes; et avec la surface peinte, 117 minutes: en d'autres termes, la première doit avoir perdu à chaque minute $\frac{1}{225}$ème partie de son excès de chaleur, et la seconde n'en doit avoir perdu que $\frac{1}{117}$ème. Mais si la chaleur étoit enlevée par le seul effet du rayonnement à travers l'air *; la surface métallique devroit se refroidir huit fois plus lentement que la surface peinte **; ou en d'autres termes, elle devroit ne dépenser, par minute, que $\frac{1}{936}$ème partie de son excès de chaleur. Le taux du refroidissement de cette face métallique est plus de quatre fois aussi grand. Donc il faut que quelque autre cause se soit jointe à celle-là, pour accélérer la dissipation de la chaleur.

---

* L'auteur dit systématiquement : « par la seule action des » pulsations aériennes. » J'ai substitué le mot rayonnement. *P. P. p.*

** Cette assertion se fonde sur le résultat de l'expérience II, (§. 136.). *P. P. p.*

Remarque 1.

§. 190. La cause accessoire de refroidissement, que l'auteur a en vue, est un courant d'air produit par la chaleur même du globe mis en expérience. Pour vérifier l'action de cette cause, il commence par estimer le refroidissement que le vent produit, et fait ensuite l'application de cette détermination au cas actuel. Cette cause paroît probable. Elle est différente du rayonnement; les particules de l'air, s'appliquant successivement aux parois du globe, emportent le calorique par voie de conductibilité. Cet effet sortant de la théorie du rayonnement, je n'en suis pas la discussion.

Remarque 2.

§. 191. Pourroit-on ajouter à cette cause l'influence de quelque autre circonstance? Dans l'expérience, où le taux du refroidissement avec la surface métallique a paru à peu près la moitié de celui qui avoit lieu avec une surface noircie, le thermomètre étoit plongé dans l'eau. Dans l'expérience, où ce taux de refroidissement a paru une huitième partie, le thermomètre étoit exposé à l'air. Il résulte de là

que, dans cette dernière position, le therm mètre a dû réfléchir quelque partie du cal rique qui lui a été envoyé, et qu'il a dû rayonn à mesure qu'il s'est échauffé; deux circon tances étrangères au thermomètre plongé da l'eau (§§. 176. 177.). Cependant cette réflexi et ce rayonnement, étant toujours propo tionnels à l'échauffement, ne semblent p devoir influer ici.

Si le calorique est composé de deux espèc de particules, les unes grossières, les aut subtiles (§. 178.); on pourroit croire, q l'une de ces espèces est plus réfléchie q l'autre, ou qu'elle rayonne plus par une mêm température. On pourroit supposer ensuit que l'une de ces émanations est proportionn lement plus abondante que l'autre à divers températures.

Mais je ne veux pas insister sur de simpl hypothèses.

SECTION VIII.

Application de la théorie a quelques expériences relatives a l'eau que l'air dépose sur certains corps.

§. 192. Ces expériences sont de mon parent Bénédict Prevost. Et comme elles ont été publiées par extrait dans les Annales de chimie *, je ne puis mieux faire, quoique j'aie sous les yeux en manuscrit le mémoire entier, que de répéter ici cet extrait sans y rien changer d'essentiel. Je le ferai suivre des explications que la théorie en donne, et auxquelles j'ai d'autant plus de confiance qu'elles ont été pleinement adoptées par l'auteur de ces ingénieuses expériences, quoiqu'il eût d'abord formé là-dessus des conjectures fort différentes.

Je diviserai l'exposé de ces expériences en deux parties. La première contiendra les détails. Et la seconde le résumé, conçu dans les propres termes de l'extrait des Annales; par conséquent, tout-à-fait indépendant de toutes vues relatives à la théorie que j'ai dessein d'y appliquer.

CHAPITRE I.

Extrait détaillé des expériences.

§. 193. On sait qu'un vase de cristal se couvre quelquefois de rosée, au milieu d'un bassin d'argent, qui lui-même demeure sec, et que du mercure est épargné par la rosée au fond d'un plat de porcelaine, quoique les bords de ce plat en soient très-mouillés....

On concluoit assez généralement, de plusieurs expériences de ce genre, que le verre est la substance sur laquelle il se dépose le plus de rosée, et qu'il ne s'en dépose point sur les métaux.

Mr. Bénédict Prevost fut curieux de répéter ces expériences, qui ne lui paroissoient pas avoir été faites avec assez de précaution, afin de savoir jusqu'à quel point pouvoit être justifiée la conclusion qu'on en tire. Il a trouvé, en les répétant, des faits très-singuliers, dont nous allons donner les résultats généraux.

1. Des disques de feuilles d'étain, d'or, d'argent, de cuivre, etc. appliqués ou collés sur des glaces, et exposés à la rosée, se sont souvent trouvés aussi chargés d'humidité, que le verre même, sur lequel ils étoient placés; néanmoins, il arrive encore plus souvent qu'ils

demeurent secs, quoique le verre soit très-mouillé.

2. Dans ce cas, la propriété préservatrice du métal s'étend souvent tout autour à une distance considérable, de manière qu'au milieu de l'humidité, il se ménage une zone parfaitement sèche, et presque toujours bien tranchée. Mais ce qu'il y a de bien remarquable, c'est que quand la glace se trouve mouillée par-dessous, la glace correspondante au métal demeure sèche; de sorte que l'influence du métal agit au travers d'un verre de plusieurs millimètres d'épaisseur. On verra bientôt qu'elle s'étend beaucoup plus loin.

3. Le métal n'agit point ici comme abri, puisque si on le couvre de verre, il ne se passe plus rien de remarquable.

4. Ayant collé au haut d'un carreau de vitre exposé au nord, et sur la face intérieure, un rectangle métallique, et dans le bas du même carreau extérieurement, un pareil rectangle, l'auteur a observé que lorsque l'humidité survenoit intérieurement, comme il arrive souvent en hiver, le métal intérieur, loin de demeurer sec, étoit plus mouillé que le verre, tandis que la place correspondant au métal extérieur, ainsi qu'un cadre de plusieurs lignes tout autour, demeuroit parfaitement sec. Il faut cependant

remarquer, que dans le cadre, l'humidité s'approche beaucoup plus des angles, que du milieu des côtés du rectangle.

5. Dans le même arrangement, si l'humidité survient extérieurement (par refroidissement), c'est le métal extérieur qui demeure sec et la place correspondant au métal intérieur, est au contraire un peu plus mouillé que le reste du verre.

6. Lorsque l'humidité se forme en dedans et en dehors, ni le métal extérieur, ni la place intérieure correspondante ne sont mouillés.

7. Si l'on colle extérieurement sur le milieu de la place correspondant au rectangle intérieur, un rectangle plus petit, et qu'il survienne de l'humidité intérieurement, le rectangle intérieur n'est pas entièrement mouillé comme il l'auroit été sans le rectangle extérieur, mais la place correspondant à ce dernier demeure sèche.

8. Si, sur le petit rectangle extérieur, on applique un disque de verre; il se forme intérieurement au milieu de la place sèche dont nous venons de parler, une tache ronde humide, correspondant à la place qu'occupe le verre extérieurement.

9. Si l'on substitue au disque un rectangle de verre de la grandeur du rectangle mé-

tallique extérieur, de manière que celui-ci en soit exactement couvert; l'humidité se répand sur toute la surface du rectangle intérieur, comme lorsqu'il n'y a rien derrière.

a. Si, sur ce rectangle de verre on applique un autre rectangle métallique; il ne produit plus de nouvelle humidité dans la place correspondante intérieure, quoiqu'il continue à s'en former du même côté, sur le reste du métal et du verre.

b. Mais l'humidité survient de nouveau, si, sur le dernier rectangle métallique, on applique un rectangle de verre.

c. Elle disparoît encore, ou cesse de survenir, par l'application d'une troisième feuille métallique.

d. Un troisième rectangle de verre la fait reparoître.

e. f. g., etc., etc.

Cependant il est un terme où le phénomène devient irrégulier; c'est lorsque l'épaisseur totale des feuilles métalliques et des plaques de verre arrive à 16 à 20 millimètres.

10. Quoiqu'il soit rigoureusement démontré, par les expériences précédentes, que le métal n'agit point comme abri dans la production de ces phénomènes, l'auteur le prouve encore de la manière suivante :

Il applique sur un carreau de vitre, des papiers dorés de même forme et grandeur, les uns par leur côté métallique, et les autres par celui qui est découvert, rendant d'ailleurs toutes les circonstances égales. Les seuls papiers dont la surface métallique est exposée à l'air produisent les effets des métaux, les autres n'en produisent aucun. Cette expérience, répétée avec des morceaux de glace étamée au lieu de papier doré, donne les mêmes résultats.

11. Si l'on place dans l'intérieur d'une chambre, et parallèlement à un carreau de vitre, un disque de métal de 6 à 7 centimètres de diamètre, de manière qu'il ne soit soutenu que par le milieu sur la vitre, et que le reste en soit écarté de quelques millimètres; lorsque l'humidité survient intérieurement, elle ne se dépose point sur le disque, à moins qu'il ne soit extrêmement près, mais sur le verre vis-à-vis, et en beaucoup plus grande quantité là qu'ailleurs.

12. Si l'on substitue, à ce disque de métal, un disque de verre; l'humidité ne s'accumule pas plus vis-à-vis que sur le reste du carreau.

13. Le phénomène inverse a lieu à l'extérieur dans des circonstances analogues.

14. Si l'on vernit le disque métallique (du n°. 11.) en-dessus, c'est-à-dire, du côté qui

regarde la partie de la chambre opposée à la fenêtre, le phénomène a lieu également.

15. Si on le vernit des deux côtés, ou seulement en dessous ; il n'a plus lieu.

16. Ces propriétés des métaux appartiennent aussi aux autres substances conductrices de l'électricité ou anélectriques, mais avec quelques modifications, selon leur nature.

17. Si l'on substitue à un carreau de vitre une plaque de métal, il s'y produit quelquefois de l'humidité, mais toujours beaucoup moins que sur le verre.

18. Si cette plaque de métal est mince et plane, et qu'on colle derrière un disque de verre ; l'humidité se produit plus tôt ou en plus grande abondance dans la place correspondante opposée intérieure.

19. Tous ces phénomènes ont lieu de la même manière, ou à peu près, lorsqu'on place sur de petits piquets peu élevés, des glaces, garnies de disques métalliques ou des autres appareils dont il a été question ci-dessus, au milieu d'une prairie, dont on a fauché et ratissé l'herbe. Alors la surface supérieure de la glace représente l'extérieur ; et l'inférieure, l'intérieur de la chambre.

20. On provoque l'humidité intérieure, pourvu que le tems soit un peu froid, au

moyen de quelques brasiers, ou en répandant de l'eau sur des corps rouges de feu; et dans la campagne, pendant la sécheresse, en arrosant, après le coucher du soleil, l'aire sur laquelle on place les glaces.

21. Si l'on met dans des vases de verre bien égaux en tout, différens liquides, comme de l'eau, du mercure, de l'alcool, des huiles, des acides, etc., ou du menu plomb de chasse, jusqu'à moitié ou aux deux tiers de leur hauteur, et qu'on les expose à la rosée sur une fenêtre, il ne s'en déposera point sur le bas du vase, mais seulement au-dessus du niveau des matières qui y sont contenues, et à une distance qui varie selon la nature de ces substances, et qui est plus grande pour le mercure que pour l'eau, pour l'eau que pour l'huile, etc.

22. Dans tous ces phénomènes, lorsque l'humidité est trop abondante, tout se confond.

23. L'auteur a fait plusieurs recherches pour savoir si, parmi les métaux, quelques-uns sont plus propres que les autres à la production des phénomènes qu'il a observés. Ayant, par exemple, exposé à la rosée des planches de cuivre dorées et argentées, et des plaques d'argent, dorées dans la moitié d'une de leurs faces, il n'a rien observé de décisif. Seulement il

lui a paru qu'en général les gouttes se forment lus grosses sur les métaux blancs. Mais ces xpériences de comparaison sont difficiles à aire, à cause de la susceptibilité de la plupart es métaux de s'oxider à l'air humide, ce qui leur onne alors plus ou moins la propriété du verre.

24. En faisant ces observations, Mr. Bénédict evost a presque toujours tenu compte des angemens survenus dans la température ou la différence de la température intérieure l'extérieure. Il a cherché à se procurer des ermomètres à réservoirs applatis, et assez nsibles pour indiquer la différence de la mpérature des deux côtés de la glace dans même instant; ce qui lui auroit donné, à ce l'il croit, des résultats instructifs; mais il n'a encore y parvenir. Il se borne à faire remarquer qu'il n'est pas nécessaire, comme on croit communément, que la température xtérieure soit plus élevée que l'intérieure, our qu'il se forme de l'humidité sur les vitres n dehors, et que le contraire a lieu très-ouvent.

25. Ces recherches pourroient être poussées lus loin; par exemple, en faisant des expériences analogues dans le vide ou dans d'autres az que l'air, et en employant d'autres liquides que l'eau.

CHAPITRE II.

Résumé de ces Expériences.

§. 194. Dans l'intention de réduire à un petit nombre de propositions les principaux faits contenus dans son mémoire, Mr. Bénédict Prevost donne le nom d'*armure en contact* à une feuille métallique appliquée ou collée contre le verre, et celui d'*armure à distance* à celle qui en est éloignée de quelques millimètres. Cela posé, voici les faits généralisés *.

I. Lorsqu'une cloison de verre, qui sépare deux grandes masses d'air d'inégales températures, est armée en contact sur sa *face chaude* **.

A. S'il se dépose de l'humidité sur cette face, elle s'accumule sur l'armure, de sorte qu'il y en a plus là qu'ailleurs.

---

* Cette généralisation, donnée dans l'extrait inséré aux *Annales de Chimie*, est textuellement transcrite sur le mémoire original de Mr. Bénédict Prevost. Ainsi elle est absolument indépendante de toutes vues relatives à l'application de ma théorie aux expériences dont elle énonce les résultats.

** On comprend que la face nommée ici *face chaude* est celle qui est du côté de l'air chaud, et réciproquement que la *face froide* est celle du côté de l'air froid.

B. Et s'il se dépose de l'humidité sur la face opposée, ou sur la *face froide;* elle s'accumule sur cette face dans la place correspondant à l'armure, de sorte qu'il y en a plus là qu'ailleurs.

C. Les mêmes choses arrivent lorsque l'armure est à distance; mais alors si l'humidité se dépose du *côté chaud;* elle ne se dépose pas sur l'armure, mais elle s'accumule vis-à-vis sur le verre.

II. Lorsque la cloison est armée en contact sur la *face froide.*

A. S'il se dépose de l'humidité sur cette face, il ne s'en dépose point sur l'armure.

B. Et s'il se dépose de l'humidité sur la face opposée, c'est-à-dire, sur la *face chaude;* il ne s'en dépose point sur la place correspondant à l'armure.

C. Les mêmes choses arrivent lorsque l'armure est à distance, toujours sur la *face froide.* Mais alors si l'humidité se dépose sur cette face; non-seulement il ne s'en dépose point sur l'armure, mais il ne s'en dépose point non plus sur le verre qui est vis-à-vis.

III. A. Il suffit de couvrir de verre ou de vernis les armures en contact, ou la face des armures à distance qui regarde le verre, pour que les phénomènes cessent d'avoir lieu. Il ne se passe alors rien de remarquable.

Année 1789.

En juillet on trouve la différence moyenne de la température du soir au matin ou $R = 4,2$. [exactement 4, 187 +].

En décembre, $r = 1,9$. [exact. 1,945 +].

Et partant $S : s = 4,4 : 1$.

Année 1790.

En j[illegible] $= 3,9$. [exactement 3,880 +].

[illegible] $r = 0,7$. [exact. 0,658 +].

[illegible] $= 1$.

[illegible] ns la table des observations [illegible]rnes pour 1[illegible], les *dix jours* de l'année qui indiquoient la plus grande chaleur, et les *dix jours* qui indiquoient le plus grand froid. Et j'ai reconnu que l'époque du maximum de chaleur eut lieu l'été de cette année-là, 1788, du 10 au 19 juillet inclusivement, et que l'époque du minimum eut lieu l'hiver du 28 décembre 1788 au 6 janvier 1789 aussi inclusivement. Cherchant donc les moyennes de ces deux époques, j'ai trouvé les nombres suivans de degrés de RÉAUMUR, où j'ai exprimé jusqu'aux centièmes de degré.

Moyennes du 10 *au* 19 *juillet* 1788, *inclus.*

au lever du soleil	+ 12,46 degrés.
au coucher	+ 18,80
Différence, ou $R =$	6,34

Moyennes du 18 *Décembre* 1788 *au* 6 *Janv.* 1789 *inclus.*

au lever du soleil — 10,25
au coucher — 8,47
Différence, ou r = 1,78
D'où l'on tire $S : s = 7,1 : 1$

J'ai tenté la même méthode pour d'autres années. J'ai donc cherché pour chacune les *dix jours* du maximum et les *dix jours* du minimum de chaleur, et j'ai pris les moyennes de ces deux époques. La table suivante présente les résultats que j'ai obtenus. Les dix jours d'observation dont j'ai pris la moyenne y sont indiqués en parenthèse, par le premier et le dernier de ces jours, à la suite du mois auquel ils se sont trouvés appartenir.

Epoques d'été.	*Moyennes.*
1788 Juillet (11-20)	... 6,28 degrés de Réaumur.
1789 Juillet (3-12)	... 5,24
1790 Juin (15-24)	... 6,85
1791 Juillet (18-27)	... 5,58
Maximum moyen R =	5,99

Epoques d'hiver.	*Moyennes.*
1788 Décembre 28 / 1789 Janvier 6	... 1,78
1790 Janvier (7-16)	... 1,79
1790 Décembre 25 / 1791 Janvier 3	... 1,58
Minimum moyen r =	1,72

D'où l'on tire $S : s = 7 : 1$

En écartant les observations évidemment altérées par des causes accidentelles, telles que les vents et les orages, on obtiendroit sans doute des résultats plus uniformes *.

§. 227. Plusieurs recueils météorologiques comprennent de longues suites d'observations; mais la méthode des rédacteurs de n'offrir que des moyennes complexes, rend leurs travaux inutiles pour le but que je me propose.

§. 228. Je n'aperçois aucune méthode préférable à celle que j'ai adoptée, ni même aucune autre digne d'être tentée, pour l'estimation expérimentale du rapport de la chaleur solaire diurne d'été et d'hiver; mais celle-ci me semble susceptible d'être perfectionnée, non-seulement par la précision des observations, mais par la détermination de la vraie différence entre la chaleur rayonnante diurne et nocturne pendant un tems donné. Cette détermination se fera en partant du principe que la chaleur rayonnante en tems donné est proportionnelle à la

---

* J'ai eu égard à l'errata joint au n.° 1 du journal de 1791.

L'époque de 1788 janvier (14—23) donnoit pour moyenne 2,19 degrés. Je l'ai écartée. En la réunissant aux trois époques d'hiver indiquées, on auroit $r=1,84$. D'où $S:s=6,5:1$.

t comme elle est un bon réflecteur, le ca-
orique du côté chaud ne la pénètre que fort
ifficilement. Le calorique lui est enlevé rapi-
ement d'une part, et lui est rendu lentement
e l'autre. Elle doit donc demeurer froide.
Ainsi l'effet de l'application d'une lame métal-
que, ou armure, sur le verre, du côté chaud,
st de refroidir cette place tant en dedans
u'en dehors; je veux dire, tant du côté du
erre que du côté de l'armure. Cette partie
omparée aux autres est comme un poële re-
roidi, qui ne peut plus sécher ce qu'on y dé-
pose. Ainsi l'humidité ne peut manquer de
s'accumuler sur ses deux faces.

§. 198. Si on applique l'armure du côté
froid, elle arrête également la sortie du calo-
rique; car à mesure qu'il sort, elle le réfléchit
en dedans par sa surface extérieure. D'où il
arrive, que cette partie du verre, qui est re-
couverte par l'armure, se charge de calorique.
Elle est un véritable poële échauffé. Le calo-
rique entre dans le verre, le pénètre, passe
à l'armure, la traverse, est réfléchi en dedans,
et rentre dans le verre, où il est emmagasiné.
Si donc il se dépose sur ce poële chaud une
couche d'eau concrète; le calorique accumulé
s'y introduit aussitôt par voie de conductibilité
et l'enlève sous forme de vapeur, soit que le

dépôt s'effectue du côté du verre ou du côté de l'armure. Ainsi l'humidité doit s'écarter à la fois des deux faces de la lame armée.

Telle est l'explication générale de cette classe de phénomènes, que la théorie seule auroit pu nous faire pressentir. Pénétrons un peu plus avant dans l'intéressant exposé des faits que l'observateur a constatés.

3°. *Les différentes distances du soleil à la terre.*

Il n'a aucun égard à la plus ou moins grande vitesse du mouvement dans l'orbite.

4.° *Les carrés des arcs semi-diurnes ou de la longueur des jours.*

Il justifie ce rapport doublé par des raisons tirées de l'accumulation de chaleur produite par les jours précédens et relatives, par conséquent, à l'estimation de l'effet produit par chaque saison entière *.

Composant ces quatre rapports pour chaque climat, De Mairan obtient le rapport estimé de la chaleur solaire d'été à celle d'hiver. C'est ainsi qu'il trouve, que pour la latitude de Paris, ce rapport est celui de 16,8 à 1.

§. 230. Discutons en peu de mots les bases de ce calcul.

Sur le premier élément (*les sinus des hauteurs solaires*) : j'observe que le rapport de l'intensité des chocs de la lumière doit être exclu, non-seulement à cause de l'irrégularité des surfaces, mais parce qu'il n'y a pas lieu de croire que la chaleur solaire soit proportionnelle à cette intensité.

---

* *Acad. des Sc. pour 1765. p. 167.*

sera plus refroidi encore ; et par conséquent séchera mal l'eau qui s'y dépose. Si donc ce dépôt se fait du côté chaud, on remarquera que l'eau s'accumule sous l'armure à la face chaude du verre (§. 194. I. C.).

§. 201. Lorsque l'armure à distance est placée du côté froid; le verre, par rapport à l'air froid, est un corps sans cesse échauffé (à cause de sa communication avec l'air chaud); ainsi l'armure, en qualité de bon réflecteur, tend à maintenir la chaleur du verre. Il doit donc arriver que ce petit poële s'échauffe et sèche mieux (§. 194. II. C.).

§. 202. Quant à l'armure, je ne saurois voir pourquoi du côté chaud elle écarte l'humidité, tandis que du côté froid, elle ne l'accumule pas. Si les différences de température et les distances étoient exactement les mêmes de part et d'autre, ce seroit une anomalie que je ne trouverois pas explicable. Mais comme je vois, par les détails du mémoire que j'ai sous les yeux, que les différences de température ne sont probablement pas égales de part et d'autre, et que cette partie des expériences ne comporte pas une détermination précise ; je ne crois pas que cette difficulté puisse être convertie en objection.

§. 203. « Si le verre est armé avec du papier

» doré, de sorte que la dorure soit exposée
» à l'air, ce papier produit tous les effets d'une
» armure ordinaire. Mais il n'en produit plus
» aucun, si la dorure est appliquée immédia-
» tement contre le verre, et que le côté nu
» du papier soit exposé à l'air. * » Une glace étamée a donné les mêmes résultats.

Cette expérience ressemble à celle de Mr. Leslie, dans laquelle il présentoit à l'émanation calorifique une feuille d'étain, tantôt par son côté brillant et tantôt par sa face noircie (§. 165.). Et elle s'explique de même. Le papier étant fort perméable au calorique (c'est-à-dire le refléchissant peu) et se rapprochant à cet égard de la nature du verre (§. 146.); une simple feuille de papier ne peut ni échauffer ni refroidir la lame de verre sur laquelle on l'applique. Mais il n'importe guères qu'on applique cette feuille de papier toute seule, ou qu'on colle entr'elle et le verre une fine lame de métal. Car comme celle-ci est très-conductrice, l'effet général en sera peu ou point altéré (§. 164.). Il n'est donc pas étonnant que la feuille de papier doré, collée

* Propres expressions du mémoire manuscrit, parfaitement conformes pour le fond à celles de l'extrait. Voyez ci-dessus §. 193. n.° 10.

sur le verre par sa face brillante, et offrant à l'air une simple surface de papier, n'ait point altéré les effets produits par le verre seul. Au contraire, lorsqu'on a collé cette feuille en présentant la dorure au dehors, c'est sensiblement comme si on avoit collé la feuille d'or immédiatement sur le verre.

Tout revient à dire que la surface extérieure est la seule chose à considérer dans les phénomènes de cette espèce.

§. 204. La même clef d'explication suffit pour pénétrer dans cette classe de phénomènes que présentent plusieurs lames superposées. Car puisque la surface extérieure est ici la seule partie intéressée, il importe fort peu de savoir quelle est la composition de la masse totale de la lame. Ainsi, prenant une lame de verre sur laquelle on applique une lame ou armure métallique, on a certains effets qui ont été décrits et expliqués (§. 196.). Si maintenant on applique du verre (ou du vernis) sur le métal; on aura une lame terminée par une surface de verre (ou de vernis); et par conséquent aussi, on verra renaître tous les effets qu'on avoit obtenus avant d'avoir armé de métal la première lame. Il ne me paroît pas nécessaire de descendre à cet égard dans plus de détails.

emi-diurnes, ou la longueur des jours), observe, sans discuter les raisons qui ont ait adopter à De Mairan le rapport doublé, que ces raisons ne sont pas applicables à non but, qui est simplement d'estimer la chaleur du soleil pour deux jours comparés. Dans ce but il est facile de voir que le rapport simple de la longueur des jours approche plus de la vérité. C'est celui auquel je m'arrêterai. Et je dirai, qu'à deux époques de l'année, les chaleurs solaires sont entr'elles, comme les arcs semi-diurnes pour ces momens respectifs. Ce rapport sera estimé ici, comme il l'a été dans le résultat d'observation (§. 224.); c'est-à-dire, que nous supposerons le jour en juillet double du jour en décembre.

§. 235. Maintenant appliquons les principes que nous venons de discuter à l'estimation du rapport que nous avons déterminé ci-dessus (§§. 224. 226.) par voie d'observation. Et employons à cet effet les quantités que nous venons d'indiquer comme étant les élémens desquels ce rapport doit dépendre.

§. 236. En composant les quatre rapports ci-dessus (§§. 230, 231, 233, 234.), on trouve * qu'à Genève, la chaleur solaire d'un

---

* $\frac{sin.\ 65^\circ}{sin.\ 20^\circ} \cdot \frac{7951}{5474} \cdot \left(\frac{125}{127}\right)^2 \cdot \frac{2}{1} = 7'220608.$

jour de juillet, doit être à celle d'un jour de décembre ; comme 7,2 est à 1.

CHAPITRE IV.

Comparaison des résultats de l'observation et du calcul.

§. 237. Le rapport moyen donné par l'observation est celui de 7 : 1 (§. 226.). Celui du calcul 7'2 : 1 (§. 236.). Je ne me laisse point séduire par cette coïncidence. Mais ce premier essai donne lieu d'espérer qu'une suite de comparaisons pareilles pourra conduire à une détermination plus exacte.

§. 238. Je préviens une objection. En 1788, la moindre chaleur observée eut lieu en décembre et la plus grande en juillet ; mais en d'autres années ces époques furent différentes, et en ce cas les bases de tout ce calcul semblent vicieuses : en effet la chaleur rayonnante ne peut servir de mesure à la chaleur solaire, que lorsque ces deux chaleurs sont égales ; attendu qu'elles ne sont pas proportionnelles en d'autres tems (§. 220.).

Je réponds qu'en effet il y a eu quelque différence entre les époques de ces maxima et minima en différentes années ; mais cela n'est

pas

.e, je veux dire, dans
. considère l'équilibre
eux tensions opposées,
mouvement à l'état d'é-
.ion de calorique du froid
, en effet ne suppose que
.d au froid. Passons main-
le cas où le dépôt se fait
.e la cloison. Dans l'hypo-
on ne peut plus faire emploi
ception. Mais dans la théorie
.bile, l'explication précédente
entier. De ce côté froid, comme
calorique rayonne et porte l'eau
.a vapeur se tamise à la cloison et
partie grossière, c'est-à-dire, l'eau
.lin dans cette même théorie, on
de peine à concevoir que l'eau se
.ois sur les deux faces de la cloison.
.r cela que la quantité du calorique
.t et d'autre trop petite pour opérer
.on de l'eau déposée.

tantôt du côté froid, quelquefois aussi des deux côtés en même tems *. Considerons d'abord le côté chaud, et supposons que c'est de ce côté-là que l'humidité abonde. Le calorique porte l'eau sur ses ailes, et rayonnant de toutes parts, il se jette entr'autres vers la cloison ou lame dirimante; la vapeur s'y tamise en quelque sorte; le calorique, suivant son impulsion, pénètre dans la cloison, et dépose l'eau, qui ne pouvant y pénétrer avec lui, y demeure adhérente. Tout cela peut également se dire

---

* Voici comme s'exprime à ce sujet le mémoire manuscrit au §. 66.

« On sait assez qu'en général, lorsque la température » n'est pas fort haute, et qu'elle baisse brusquement » l'extérieur, il se forme de l'humidité en dedans sur » les vitres; et qu'au contraire lorsque la température « s'élève en dehors et qu'elle est basse en dedans, si » l'air extérieur est humide, il se dépose de l'eau sur » les vitres extérieurement. Mais cette humidité ex- » térieure se dépose très-souvent, quoique l'air exté- » rieur soit plus froid que l'intérieur. Par conséquent, » il s'en dépose aussi des deux côtés, quoique la » température soit à peu près égale en dedans et en » dehors. Quelquefois ce dépôt est en même tems in- » térieur et extérieur. »

Le mémoire et l'extrait supposent perpétuellement ces faits et en fournissent divers exemples. Voyez entr'autres le §. 193. n.° 24.

dans

dans l'hypothèse commune, je veux dire, dans cette hypothèse, qui ne considère l'équilibre que comme l'effet de deux tensions opposées, qui n'admet point de mouvement à l'état d'équilibre, ni de translation de calorique du froid au chaud. Tout cela en effet ne suppose que la translation du chaud au froid. Passons maintenant à considérer le cas où le dépôt se fait sur le côté froid de la cloison. Dans l'hypothèse commune, on ne peut plus faire emploi de la même conception. Mais dans la théorie de l'équilibre mobile, l'explication précédente subsiste en son entier. De ce côté froid, comme de l'autre, le calorique rayonne et porte l'eau sur ses ailes; la vapeur se tamise à la cloison et y dépose sa partie grossière, c'est-à-dire, l'eau concrète. Enfin dans cette même théorie, on n'a pas plus de peine à concevoir que l'eau se dépose à la fois sur les deux faces de la cloison. Il suffit pour cela que la quantité du calorique soit de part et d'autre trop petite pour opérer l'évaporation de l'eau déposée.

§. 245. Sans discuter le fait, on peut admettre avec assurance que les chaleurs extrêmes d'été en divers climats diffèrent moins que les froids extrêmes d'hiver; et qu'il règne à cet égard une sorte d'égalité entre les diverses latitudes.

§. 246. En effet si l'on calcule les chaleurs solaires au maximum pour divers climats, on les trouve, sinon égales, du moins extrêmement près de l'égalité. On peut s'en assurer aisément en faisant, pour divers climats de notre hémisphère, un calcul analogue à celui que j'ai fait pour le climat de Genève (§. 236.); et en comparant entr'eux les résultats de l'époque du mois de juillet. Je trouve, par une approximation imparfaite, que du 47° au 71° de latitude, la chaleur solaire, à cette époque, est partout presque égale à elle-même. Car le rapport calculé de la sorte, pour ces deux climats extrêmes, est à peu près celui de 11 : 10, et par conséquent s'éloigne bien peu de l'égalité. Le résultat d'une approximation pareille sur les climats de la zone torride ne s'écarte pas beaucoup de ces limites, et indique une chaleur moindre que celle de la zone tempérée, mais de manière qu'elle peut bien être considérée aussi comme étant sensiblement égale.

Les trois premières n'exigent rien de plus. Les suivantes exigent en outre, que le calorique soit assimilé à la lumière, dans ses mouvemens de réflexion et de réfraction.

PREMIÈRE CONSÉQUENCE.

§. 210. Le calorique libre est un fluide rayonnant. Or comme à la surface des corps le calorique redevient libre, *chaque point de la surface des corps est un centre auquel tendent et duquel partent en tout sens des filets de calorique.*

SECONDE CONSÉQUENCE.

L'équilibre de chaleur, entre deux espaces voisins libres, *consiste dans l'égalité des échanges.*

TROISIÈME CONSÉQUENCE.

Lorsque l'équilibre est rompu, il se rétablit par des échanges inégaux. Et dans un milieu de température constante, un corps plus ou moins chaud revient à cette température selon cette loi : *Les tems étant en progression arithmétique, les différences de température sont en progression géométrique.*

QUATRIÈME CONSÉQUENCE.

Dans un lieu de température uniforme,

plus tard. Mais si on les laisse tous exposés à la même chaleur pendant un tems suffisant, ils finiront par indiquer la même température.

CHAPITRE VI.

De la chaleur moyenne en différens climats.

§. 249. Il me se[illegible] que l'on pourroit, en suivant les principes [illegible]blis ci-dessus, arriver à quelque détermin[illegible]n par voie de calcul sur la chaleur moyen[illegible]s différens climats. Mais j'ai toujours trouvé ce[illegible]te recherche trop compliquée, pour pouvoir la suivre avec clarté et en détail.

Je me bornerai donc à rapporter ici une loi, dont je n'aperçois point le fondement en théorie, mais qui semble assez d'accord avec les observations, telles que l'auteur nous les donne.

Mr. d'Aubuisson * croit que la chaleur d'un lieu est proportionnelle à l'action solaire, et que celle-ci est proportionnelle au cosinus de la latitude élevé à la puissance dont l'exposant est $2\frac{1}{2}$. Prenant les observations faites en divers

---

* Journ. de Physiq. pour 1806. T. 62. p. 443.

§. 211. Toutes ces conséquences ont été vérifiées par l'expérience, excepté ce qui concerne la *réfraction* du froid. C'est une expérience qui reste à faire, et j'en annonce avec confiance le résultat, si du moins la réfraction du calorique est susceptible d'être bien observée. Ce résultat est indiqué dans les conséquences quatrième et cinquième, qui pourroient ainsi être soumises à une nouvelle épreuve. Il est peu nécessaire d'indiquer ici les précautions par lesquelles on pourra se mettre à cet égard à l'abri de toute espèce d'illusion.

§. 251. Cette cause de diminution de chaleur étoit si peu connue au milieu de ce siècle, l'Æpinus, physicien fort exact et ingénieux, savoit à quelle idée s'arrêter en s'occupant de ce sujet. Voici ses expressions fidellement traduites.

« Est-ce qu'une partie de la chaleur, que la terre a reçue du soleil, ne s'échappe point continuellement dans l'espace vide des cieux? J'ose élever cette question ; car l'expérience a appris que la chaleur peut se transmettre et se dissiper dans des espaces vides d'air et de tout autre corps visible ou tangible.

» Peut-être une autre conjecture plairat-elle davantage. Tous mes raisonnemens reposent sur les lois établies par le consentement presqu'unanime des physiciens ; mais ces lois supposent tacitement que les corps ne peuvent perdre la chaleur qu'ils ont acquise, que par l'écoulement de cette chaleur dans d'autres corps ou dans d'autres lieux moins chauds. Mais divers exemples ne nous prouvent-ils pas qu'il est au pouvoir de

---

peut s'étonner que la propagation soit ralentie. Cela pend du rapport de ces moyens dans les circonstances données.

» la nature tantôt de produire de la chaleur,
» tantôt de la détruire, sans qu'il soit néces-
» saire qu'elle l'emprunte d'un corps ou qu'elle
» la verse dans d'autres * ? »

L'auteur fait usage de cette considération avec beaucoup de réserve et de modestie, pour la solution de la difficulté qu'il s'étoit proposée. Puis il se fait à lui-même cette question : » Ne
» cherché-je point ici la solution d'une diffi-
» culté qui n'existe pas ? » Le fondement de ce doute est l'impossibilité de s'assurer par des observations comparées qu'en effet le globe terrestre ne s'échauffe pas. Or s'il s'échauffe, il est inutile de mettre en avant des considérations du genre de celles que l'auteur vient de présenter. Mais remarquant que dès les tems les plus anciens, la terre produit dans les mêmes lieux, les mêmes plantes et les mêmes animaux ; il envisage les indications de ces thermomètres naturels, comme suffisantes pour rendre improbable la supposition d'un échauffement graduel de la terre.

§. 252. L'opinion de la chaleur croissante de la terre, fondée sur l'omission totale ou presque totale d'une cause de refroidissement

---

* *Cogitationes de distributione caloris per tellurem.* 1761.

SECTION X.

DE LA CHALEUR SOLAIRE ET DE LA CHALEUR PROPRE DE LA TERRE.

§. 212. L'OBJET principal de cette section est d'exposer un procédé, par lequel on peut estimer, d'une manière approchée, la chaleur des saisons froides et chaudes.

CHAPITRE I.

De la chaleur solaire comparée à la chaleur propre de la terre, à sa surface, et au lieu de l'observation.

§. 213. DE MAIRAN qui a traité ce sujet à fond et à deux époques très-éloignées *, envisage la chaleur solaire comme fort petite en comparaison de la chaleur propre de la terre. Le raisonnement qui le conduit à ce résultat, et qui fait la base de son ouvrage, est celui-ci.

* *Memoires de l'Ac. des Sciences de Paris pour* 1719 et pour 1765.

toute l'émission de chaleur rayonnante que produit l'écorce extérieure du globe, pendant cette même saison, dans le lieu où elle règne; ou en d'autres termes, que pendant les ardeurs de l'été, dans les lieux où cette saison règne, l'irradiation lumineuse fournit à la terre une quantité de calorique plus grande que celle que la terre exhâle. En effet, si elle recevoit moins de calorique qu'elle n'en perd, elle ne se réchaufferoit pas; il y auroit moindre refroidissement, mais non chaleur acquise; et l'on ne verroit pas à la surface de la terre, le thermomètre monter en été et se maintenir à un degré fort supérieur, non-seulement à celui de l'hiver, mais même à la température intérieure du globe. Il est donc prouvé par l'expérience, que le courant de calorique que le soleil d'été fait entrer dans le globe terrestre est plus dense que celui qui sort de ce même globe.

Ainsi la petitesse du rapport de chaleur réelle de l'été à l'hiver, prouve bien que la terre a une chaleur propre actuellement indépendante de la chaleur solaire; mais elle ne prouve pas que la chaleur solaire d'été est moindre que la chaleur rayonnante de la terre. Au contraire, on ne peut expliquer l'accroissement de chaleur qu'éprouve la terre pendant une saison de l'année, qu'en admettant qu'elle est en com-

nunication avec une espace plus chaud qu'elle; c'est-à-dire, en d'autres termes, qu'un thermomètre isolé, substitué à la terre et plongé dans les rayons solaires, y monteroit plus haut qu'il ne feroit si, supprimant le soleil, on le plaçoit près de la terre vers les dernières limites de l'atmosphère *.

§. 217. Distinguons donc soigneusement deux sortes de chaleurs, propres à la terre comme à tout autre corps chaud (§. 92.); la chaleur interne que nous mesurons à sa surface, et la chaleur rayonnante que nous mesurerions aux dernières limites de l'atmosphère. La première dont a parlé de Mairan est beaucoup plus grande que la chaleur solaire; c'est une chaleur gênée, elle est en quelque sorte fixée car les obstacles que lui opposent les corps terrestres, et surtout l'air tant grossier que subtil.

Nous n'avons que des données très-insuffisantes pour déterminer cette chaleur absolue interne. Je n'entrerai là-dessus dans aucun

* Ceci est dit en supposant que les rayons solaires échauffent par leur action immédiate, ce que je n'entends point affirmer. Il n'est pas difficile, mais il seroit un peu long, de convertir cette expression en une autre mieux appropriée à l'action médiate de ces mêmes rayons.

le refroidissement des corps, d'un instrument précieux qui les eût rendues exactes et par-là même intéressantes indépendamment de toutes les applications qu'il en a faites. L'instrument dont je veux parler est le thermomètre de Wedgwood. Les termes de chaleur rouge ou blanche, substitués à l'indication des degrés de ce thermomètre, rendent incertain le point de départ et par conséquent le résultat même de l'expérience.

§. 256. Enfin Buffon (se croyant étayé de l'autorité de Newton) a estimé le refroidissement d'un corps plongé dans le vide (comme le sont les planètes), par le refroidissement d'un corps environné d'air et d'autres corps chauds (comme l'étoient nécessairement ses boulets rouges). Or cette comparaison ne paroît pas juste. 1.° Les corps entourés d'autres corps se refroidissent principalement par la perte du feu gêné, qui passe de l'un à l'autre en raison de leur conductibilité et de leur capacité; au lieu qu'un corps plongé dans le vide ne se refroidit que par l'émission de la chaleur rayonnante. 2.° Le corps plongé dans le vide perd sans rien recevoir en échange, au lieu que le boulet entouré d'autres corps en reçoit de la chaleur. Il est vrai qu'il ne faut considérer ici que l'excès de chaleur du boulet; mais

CHAPITRE IX.

De l'échauffement et du refroidissement du globe terrestre, envisagés dans leurs effets combinés.

§. 258. L'EFFET de la chaleur solaire pour échauffer l'emporte en été; l'effet de la chaleur rayonnante pour refroidir l'emporte en hiver. Si la terre n'a point de chaleur propre qu'elle ne l'ait empruntée du soleil, et si elle a atteint le terme de cette accumulation, sa chaleur moyenne est constante. Mais la connoissance certaine de l'existence d'une chaleur propre a porté plusieurs physiciens à croire que cette chaleur propre avoit une autre origine. Mairan déclare qu'il ne prétend point déterminer cette origine, mais il ajoute : « Ce n'est » pas que l'opinion d'un feu véritablement » central, et peut-être de même nature que » celui du soleil, en un mot, que le petit » soleil *encroûté* de Descartes, bien entendu, » ne me paroisse aussi soutenable qu'aucune » autre hypothèse de cette espèce, et ne » semble percer ici de toutes parts *. »

* *Mém. de l'Acad. de Paris* 1765, p. 149.

Voici la formule de cette estimation.

Soient S, s, la chaleur solaire aux maxima d'échauffement et de refroidissement de la terre; R, r, le refroidissement nocturne à ces deux époques; N, n, la durée de la nuit.

La chaleur rayonnante en tems donné sera en raison directe du refroidissement nocturne et pourra être supposée en raison inverse de la durée de la nuit *. Et la chaleur solaire égalant la chaleur rayonnante, on aura $S : s = \frac{R}{N} : \frac{r}{n}$.

§. 223. On ne parviendroit pas au même but en estimant la chaleur diurne du soleil par la différence du coucher au lever de cet astre. Cette différence donne bien l'échauffement final produit par son influence; mais cet échauffement n'est que l'excès de la chaleur solaire sur la ra-

* Cela suppose le refroidissement proportionnel au tems, tandis qu'on sait qu'il suit une loi fort différente (§. 40.). Mais il faut remarquer qu'il s'agit ici d'un refroidissement très-petit et opéré dans un tems fort court par comparaison à celui qui seroit nécessaire pour épuiser la chaleur de la terre. L'erreur qui en résulte est à peu près celle qui résulteroit de la supposition que dans nos expériences de cabinet le refroidissement est constant pendant le cours de deux ou trois secondes successives. Il faut aussi remarquer que cette erreur est en partie corrigée par cela même qu'elle est également commise dans les deux termes du rapport.

sur un fond noir, concentra tellement la chaleur, qu'elle suffit pour cuire des fruits, et que par conséquent elle surpassa de beaucoup l'effet immédiat des rayons solaires *.

§. 261. Mais il est une expérience plus commune que je ne craindrai pas de rappeler ici, quoiqu'elle soit tirée d'un objet fort peu propre en apparence à servir de terme de comparaison dans des recherches de cette nature. Des viandes mises à la broche et qu'échauffe le feu d'un foyer présentent tour-à-tour à ce feu diverses parties de leur surface. Faisant abstraction de l'air ambiant, elles sont dans une position analogue à celle où se trouve la terre par rapport au soleil. Elles s'échauffent par les rayons du foyer, elles se refroidissent par le rayonnement. L'effet d'une ou de deux rotations est petit et presqu'insensible. Il faut du tems pour que le feu pénètre. Mais enfin il sature toute la masse et la maintient à un certain degré de chaleur, qui est produit par

* *Voyages dans les Alpes*, T. II, §. 933. H. B. De Saussure s'exprime d'ailleurs de manière à laisser voir qu'il regarde la chaleur solaire comme la principale cause de la chaleur intérieure de la terre. *Voyage dans les Alpes*, T. I, §. 532, et T. II, §. 787. Et Mr. Senebier embrasse la même opinion. *Journ. de Phys. mars*, 1792, *p.* 177.

l'effet des deux causes contraires parvenues à leurs maxima.

A cette époque, si des êtres intelligens (d'une grandeur proportionnée), placés à la surface de ce corps, pouvoient y observer les degrés de sa température; ils ne tarderoient pas à reconnoître que leur terre (si je puis m'exprimer ainsi) jouit d'une chaleur propre, actuellement indépendante de celle du foyer : car ils reconnoîtroient que la différence de température de leur jour à leur nuit n'est pas très-grande. Ils s'assureroient ensuite, que les rayons du foyer pénètrent très-peu au-delà de la première écorce de leur terre, pendant l'espace d'une seule rotation. Et la raison de ce phénomène tient à celui qu'ils auroient précédemment déterminé, je veux dire à la chaleur propre de leur terre. Car cette chaleur intérieure, étant gênée, se dissipe la nuit très-lentement; la première écorce seule se dépouille de feu. Et c'est de ce feu-là seul, remplacé par l'action du foyer, que le thermomètre rend compte. Le feu plus intérieur se soutenant par voie d'échanges toujours à peu près au même niveau, paroît n'éprouver presque aucune altération. Ainsi ces observateurs auroient à peu près les mêmes apparences thermométriques qu'offre la surface de la terre, et toutefois ils auroient

diation. Or une partie de cette radiation est à la vérité proportionnelle à l'échauffement, savoir, l'excès de la radiation diurne sur la nocturne; mais la radiation absolue et constante, qui a lieu également le jour et la nuit, est proportionnelle à la chaleur thermométrique absolue de la terre et nullement à l'échauffement solaire. Or cette radiation affecte également le thermomètre, et se porte en déduction sur la chaleur solaire que cet instrument indique à la fin du jour.

Si l'on vouloit estimer cette radiation absolue, on ne pourroit le faire que par le refroidissement nocturne, ce qui rejetteroit dans une formule analogue à la précédente, en suivant une méthode moins claire.

Ainsi, malgré l'inégalité qui peut résulter du défaut de proportion entre l'excès de la chaleur rayonnante diurne et la totalité de la chaleur rayonnante en vingt-quatre heures, et malgré la négligence commise dans l'estimation de l'effet qu'a sur le refroidissement nocturne la durée de la nuit; je crois qu'on approchera de la vérité, autant qu'on le peut dans un premier essai, en s'en tenant à la formule indiquée. Je vais en conséquence offrir ici le résultat de quelques observations auxquelles cette formule peut être appliquée.

Observations du thermomètre, faites à Genève en 1788,

(Tirées du Journal de Genève in-4°. pour 1789, p. 52.)

MOIS.	Hauteurs moyennes du thermomètre dit de Réaumur en *degrés* et *dixièmes*.			Différence du coucher au lever.
	au lever du Soleil.	à 2 heures après midi.	au coucher du Soleil.	
Janvier	+ 0,1	+ 2,3	+ 1,6	1,5
Février	+ 2,0	+ 5,2	+ 4,1	2,1
Mars	+ 2,9	+ 9,3	+ 6,7	3,8
Avril	+ 3,5	+11,9	+ 8,7	5,2
Mai	+ 7,4	+16,0	+12,5	5,1
Juin	+10,5	+17,4	+13,4	2,9
Juillet	+10,9	+20,5	+16,4	5,5
Août	+10,5	+18,3	+14,6	4,1
Sept.	+ 9,4	+16,9	+14,0	4,6
Oct.	+ 4,6	+11,6	+ 9,0	4,4
Nov.	+ 0,3	+ 4,7	+ 2,3	2,0
Déc.	— 4,5	— 2,9	— 3,7	0,8
L'ANNÉE ENTIÈRE	Moyennes entre les douze moyennes. + 4,8	+10,9	+ 8,3	3,5

§. 224. Au mois de Juillet l'échauffement a atteint son maximum; car avant et après, aux trois époques d'observation et dans tous les mois, on voit que la chaleur est moindre. Ainsi,

§. 263. *Table de la chaleur moyenne à Berlin pendant dix-huit années consécutives.*

Années.	Degrés de Réaumur.	Moyennes de trois en trois ans.	Moyennes de six en six ans.
1769	7,6		
1770	7,6		
1771	6,5	7,2	
1772	8,0		
1773	8,5		
1774	7,8	8,1	
1775	8,7		7,7
1776	7,2		
1777	7,4	7,8	
1778	8,4		
1779	9,7		
1780	7,7	8,6	
1781	8,9		8,2
1782	7,4		
1783	8,4	8,2	
1784	7,2		
1785	6,5		
1786	7,1	6,9	
Moyenne.	7,8		7,7

Cette table extraite des *Mémoires de l'Académie de Berlin* présente un résultat différent de la précédente. On y voit la chaleur croître et décroître alternativement. Et dans ce lieu-là on peut présumer que la chaleur moyenne est constante. Car les causes accidentelles qui

Moyennes du 18 *Décembre* 1788 *au* 6 *Janv.* 1789 *inclus.*

au lever du soleil	— 10,25
au coucher	— 8,47
Différence, ou r =	1,78
D'où l'on tire $S : s$ =	7,1 : 1

J'ai tenté la même méthode pour d'autres années. J'ai donc cherché pour chacune les *dix jours* du maximum et les *dix jours* du minimum de chaleur, et j'ai pris les moyennes de ces deux époques. La table suivante présente les résultats que j'ai obtenus. Les dix jours d'observation dont j'ai pris la moyenne y sont indiqués en parenthèse, par le premier et le dernier de ces jours, à la suite du mois auquel ils se sont trouvés appartenir.

Epoques d'été.		*Moyennes.*
1788	Juillet (11-20)	... 6,28 degrés de Réaumur.
1789	Juillet (3-12)	... 5,24
1790	Juin (15-24)	... 6,85
1791	Juillet (18-27)	... 5,58
Maximum moyen R =		5,99

Epoques d'hiver.		*Moyennes.*
1788	Décembre 28	... 1,78
1789	Janvier 6	
1790	Janvier (7-16)	... 1,79
1790	Décembre 25	... 1,58
1791	Janvier 3	
Minimum moyen r =		1,72
D'où l'on tire $S : s$ =		7 : 1

5. *Table de la chaleur moyenne à Marseille pendant neuf années.*

Années.	Degrés de Réaumur.	Moyennes de deux en deux ans.	Moyennes de quatre en quatre ans.
1772	12,8		
1773	11,8	12,2	
7	11,8		
	11,2	11,5	
	10,4		11,9
	10,7	10,5	
1	12,0		
1	13,3	12,6	
			11,0

Ces observations, faites par Mr. De Saint-Jacques, et consignées dans les *Mémoires de météorologie* du P. Cotte, T. II. p. 420, offrent le même résultat.

§. 266. *Table de la chaleur moyenne à Pétersbourg pendant sept années consécutives.*

Années.	Degrés. de Réaumur.	Moyennes de deux en deux ans.
1772	3,5	
1773	3,3	3,4
1774	2,6	
1775	3,4	3,0
1776	2,9	
1777	2,1	2,5
1778	2,6	

Les différentes distances du soleil à la terre.

'a aucun égard à la plus ou moins grande e du mouvement dans l'orbite.

es carrés des arcs semi-diurnes ou de la longueur des jours.

ntifie ce rapport doublé par des raisons de l'accumulation de chaleur produite s jours précédens et relatives, par con- nt, à l'estimation de l'effet produit par e saison entière *.

mposant ces quatre rapports pour chaque , De Mairan obtient le rapport estimé chaleur solaire d'été à celle d'hiver. C'est qu'il trouve, que pour la latitude de Paris, pport est celui de 16,8 à 1.

30. Discutons en peu de mots les bases calcul.

r le premier élément (*les sinus des eurs solaires*) : j'observe que le rapport intensité des chocs de la lumière doit être , non-seulement à cause de l'irrégularité surfaces, mais parce qu'il n'y a pas lieu de ire que la chaleur solaire soit proportion- le à cette intensité.

* *Acad. des Sc. pour 1765. p. 167.*

nuits dans les climats circonpolaires (malgré leur communication avec des climats plus chauds, soit par la terre, soit par la mer, soit surtout par l'atmosphère) confirme bien cet aperçu.

juillet et décembre ces nombres se trouvent pour Genève 7951 et 5474 *.

232. J'observe sur ces deux premiers nombres combinés, qu'il seroit à souhaiter on pût distinguer la partie de la lumière qui

---

[illegible] *de la Table des forces restantes à la [illegible]ère après son passage dans l'atmosphère, [illegible]orce totale, avant que d'y entrer, étant [illegible]mée par* 10000. *(Académie de Berlin de [illegible] 1765, p. 182.).*

[illegible] de l'atm.	Force de la lumière
70°	[illegible]
65	[illegible]
60	[illegible]
55	[illegible]
50	[illegible]
45	[illegible]
40	[illegible]
35	[illegible]
30	[illegible]
25	[illegible]
20	[illegible]
15	[illegible]

[illegible]

ort de la densité des rayons solaires à ces
époques est celui de 14 à 15. Et dans les
s qui précèdent et qui suivent, cette densité
ient un rapport analogue et toujours dé-
ssant.

uoique les époques de ces distances ex-
t.. ies ne tombent pas exactement sur les sol-
stices, " it si voisines qu'on peut les y
rappor tre d'erreur sensible.

§. 260 e du cancer est l'été de
l'hiver de l'austral. Le
solstice du ca e est l'hiver du premier,
l'été du second.

L'effet de la différe te distance solsticiale du soleil sur la chaleur relative de ces hémisphères est donc de rendre l'été boréal moins chaud, et l'hiver boréal moins froid, que ces mêmes saisons australes respectivement.

Or la chaleur solaire estive étant plus grande que la chaleur solaire hiémale dans un rapport très-sensible ; l'excès de chaleur pendant l'été, résultant d'un rapport donné (tel que celui de 15 à 14), doit être supérieur à celui d'hiver qui résulte du même rapport.

A cet égard donc, et abstraction faite de toute autre considération, celui des deux hémisphères qui a l'été le plus chaud devroit acquérir une température plus élevée, quoique ses hivers

[illegible] d'autres causes, la [illegible] le soleil [illegible] n'est [illegible] que le mois [illegible] que l'un des [illegible] quelle qu'en [illegible] uniquement de [illegible] aux époques [illegible] est stationnaire; [illegible] descendu, ou réci- [illegible] que la courbe [illegible] d'inflection, les [illegible] avons choisis n'en [illegible] moins propres à [illegible] moins réels, ni [illegible] nos conclusions.

il juge que ce léger excès de chaleur australe doit être insensible *.

§. 271. C'étoit donc bien légèrement que d'autres physiciens, cités par Æpinus, ne considérant point (non plus que de Mairan) les moyens de compensation par lesquels la nature combat l'influence de cet élément, prétendoient néanmoins que, par le seul effet de la moindre distance hiémale, l'hémisphère boréal devoit contracter un excès de chaleur.

Je ne sais pas quels sont ces physiciens qu'Æpinus désigne sans les nommer. Mais il les réfute sans beaucoup de peine par la considération de la plus grande distance estive. « Car, dit-il, on peut démontrer aisément » que la nature répare avec usure pendant » l'été la perte qu'elle a fait éprouver l'hiver » aux régions australes **. »

Æpinus ne développe pas davantage cet argument; mais on ne peut douter qu'il n'en sentît toute la force. Du reste, il paroît croire que cet effet de la distance est insensible, et il le néglige entièrement.

---

* Ibid. p. 234.

** *Cogitationes de distributione caloris per tellurem.*

il ju
doit

d'a
co
le
n
te
la
l

q
l
si
e

s
q
il

ssure qu'il perd de cet excès, les
ins en gagnent, d'où il arrive que
ffement et son refroidissement de-
lus lents (§. 48.). Il suit de là, si je
mpe, que les indications relatives à
u refroidissement que peuvent don-
es expériences, appliquées aux corps
s, sont tout-à-fait hasardées.

Il n'y a donc pas lieu d'avoir con-
théorie sur laquelle est fondée l'o-
refroidissement graduel de la terre,
moins aux calculs de la durée de ce
ment. Si cette opinion est juste il
nner d'autres bases. Mais du moins
que ce n'est point un refroidissement
puisque l'été il se change en échauf-
nsidération importante, en ce qu'elle
ésenter le rapport des chaleurs ter-
solaire sous son vrai point de vue
Je dirai un mot des résultats de l'ob-
dans le chapitre suivant.

qu'il donne pour autoriser cette négligence se réduisent à deux, la petitesse de l'effet négligé et la difficulté d'en tenir compte.

§. 274. Il est remarquable que deux philosophes, tels qu'Æpinus et Mairan, écrivant sur le même sujet presqu'au même instant *, se soient accordés en ceci, que tous deux ont cru pouvoir légitimement négliger l'une des deux considérations, qui influent sur l'intensité relative des rayons solaires, que reçoivent les deux hémisphères de la terre, en allant d'un équinoxe à l'autre, ou en parcourant 180° de l'écliptique sous le même aspect ; savoir, la distance du soleil et le tems employé à parcourir ces 180 degrés. Et il n'est pas moins remarquable que chacun d'eux néglige l'élément, dont l'autre croit devoir tenir compte.

Buffon ne s'est pas aperçu de ce dissentiment, et a suivi ces deux auteurs avec une confiance presqu'égale, soit expressément, soit tacitement.

---

* La dissertation d'Æpinus *de distributione caloris* etc., fut lue à l'Académie de Pétersbourg en 1762. Le mémoire de Mairan intitulé : *Nouvelles recherches sur la cause générale du chaud en été et du froid en hiver*, etc., fut lu à l'Académie des Sciences de Paris en 1757, et publié dans les mémoires de cette Académie pour 1765.

CHAPITRE III.

De l'effet combiné du tems et de la distance sur la quantité de l'irradiation solaire.

§. 275. AINSI les physiciens ne sembloient pas s'apercevoir que les deux quantités dont ils s'occupoient, la distance et la durée, devoient être prises l'une et l'autre en considération.

Lambert * les a combinées et en a déduit la proposition suivante.

THÉORÈME.

§. 276. *La quantité de chaleur, que la terre, ou en général une planète, reçoit du soleil, croît proportionnellement à l'anomalie vraie.*

DÉMONSTRATION.

En effet, soit S, le soleil; T, la terre; Tt, un petit élément de l'orbite elliptique que la terre décrit; A, l'aphélie. Fig. 3.

La densité des rayons en T est $= 1 : ST^2$. Et le tems par l'élément Tt est proportionnel

* Pyrométrie, §§. 588. 589.

à l'aire TSt, par conséquent $\frac{1}{2} ST^2 . d\phi$; (ϕ étant l'anomalie TSA). Ainsi la quantité des rayons est $= \frac{1}{ST^2} \cdot \frac{1}{2} ST^2 . d\phi = d\phi$.

[illegible] voit par-là, ajoute Lambert, que lors-[illegible] l'agit de l'échauffement annuel de la terre, au lieu du tems, on peut employer l'anomalie [illegible]ie ou la longitude vraie. Par-là on élimine la [illegible] on simplifie le calcul. [illegible]e in[illegible]rre est trop petite pour [illegible]ise e[illegible]tion. Pour les comètes c'est autre chose. [illegible]e tems pour l'anomalie de 180° est pour [illegible] quelques semaines. Et elles prennent la mê[illegible]e chaleur que dans les autres. Et pour Mercure le rapport est de $32\frac{5}{4}$ à $55\frac{1}{2}$ jours *.

§. 277. Ce théorème s'applique immédiatement à la considération des saisons froides et chaudes, telles que les concevoient Æpinus et Mairan, puisque d'un équinoxe à l'autre il y a de chaque côté 180° de l'écliptique. Par conséquent d'un équinoxe à l'autre, la terre reçoit d'égales quantités de lumière.

§. 278. Il est à remarquer que la démonstration de ce théorème, étant fondée sur la loi des aires, est très-générale. Elle s'applique

* Voyez à la fin la note G.

CHAPITRE IV.

De la chaleur relative constante des deux hémisphères terrestres, envisagés comme séparés.

T

§. 28 [illegible] de quelques physiciens, touchant [illegible] égale distance du soleil (§. 271), [illegible] Épinus touchant l'effet de l'inégale dure[illegible] saisons (§. 272.), étoient donc également a[illegible]ées de fondement. Ces physiciens et Æpinus croyoient également, que la cause dont ils s'occupoient devoit rendre plus abondante l'irradiation solaire sur l'hémisphère boréal; et nous venons de voir que cette irradiation est rigoureusement égale pour les deux hémisphères; car d'un équinoxe à l'autre le soleil répand sur la terre précisément la même quantité de lumière. Or, comme les deux hémisphères se présentent au courant lumineux tour-à-tour dans deux positions, ou sous deux aspects, parfaitement semblables, il ne peut y avoir aucune disparité dans la partie de ce courant qu'ils interceptent.

Puis donc que les deux hémisphères reçoivent la même quantité de chaleur solaire, s'il y a

entr'eux quelque différence quant à la température, provenant de la distribution de cette chaleur, elle ne peut dépendre que de la chaleur rayonnante. Il faut donc examiner maintenant l'effet de ce rayonnement sous ce point de vue.

PROBLÈME.

§. 281. *Deux sources de chaleur coulant uniformément, et commençant au même instant, versent dans deux corps pareils, des quantités égales de chaleur; mais l'une y emploie moins de tems que l'autre. On demande lequel de ces deux corps sera le plus chaud à une certaine époque postérieure à l'extinction des deux sources.*

SOLUTION.

Puisque ces deux sources versent d'égales quantités de chaleur en tems inégaux, il faut que les quantités qu'elles versent dans un même instant, ou leurs *incrémens*, soient inversement comme leurs durées.

Considérant donc la quantité versée par la moins durable à l'époque où elle tarit, il est facile de concevoir que cette quantité est composée de deux parties, dont l'une est égale à celle qu'a versée à la même époque la source

à l'aire TSt, par conséquent $\frac{1}{2} ST^2 . d\phi$; étant l'anomalie TSA). Ainsi la quantité rayons est $= \frac{1}{ST^2} \cdot \frac{1}{2} ST^2 . d\phi = d\phi$.

On voit par-là, ajoute Lambert, que lo qu'il s'agit de l'échauffement annuel de la te au lieu du tems, on peut employer l'anom vraie, ou la longitude vraie. Par-là on élim la distance variable et on simplifie le cal Cette inégalité pour la terre est trop petite p être prise en considération. Pour les com c'est autre chose. Car le tems pour l'anom de 180° est pour elles quelques semaines elles prennent la même chaleur que dan autres. Et pour Mercure le rapport est de à $55\frac{1}{2}$ jours *.

§. 277. Ce théorème s'applique immé tement à la considération des saisons froi et chaudes, telles que les concevoient Æpi et Mairan, puisque d'un équinoxe à l'au il y a de chaque côté 180° de l'écliptique. I conséquent d'un équinoxe à l'autre, la te reçoit d'égales quantités de lumière.

§. 278. Il est à remarquer que la démon tration de ce théorème, étant fondée sur la des aires, est très-générale. Elle s'appliq

* Voyez à la fin la note G.

SOLUTION.

Puisque l'origine des deux sources est placée au même instant, et que dans leurs durées inégales elles versent d'égales quantités de chaleur, il faut que la moins durable soit celle dont les premiers incrémens sont les plus grands, ou qu'il y ait deux instans où l'incrément d'une source égale celui de l'autre. Mais ce dernier cas est exclu par l'hypothèse ; ainsi c'est le premier qui doit être admis.

Puisque la source, qui a les moindres incrémens à l'origine, est celle qui dure le plus; il y a nécessairement un instant, dans leur commune durée, auquel l'incrément de l'une égale celui de l'autre.

Et à tout instant subséquent, l'incrément de la source la plus durable est plus grand que celui de l'autre source (*hyp.*).

---

au premier instant avoit le plus grand incrément, au second instant se trouve avoir le plus petit.

3.° Dans le cas où l'égalité seroit supposée avoir lieu sous la forme que je viens d'indiquer, si elle tomboit sur le dernier instant de l'existence de la source la moins durable, on conçoit que l'instant d'après l'incrément de cette source étant nul, l'incrément de l'autre seroit plus grand; c'est ainsi que pour ce cas-là la définiton de l'égalité trouveroit son application.

Il suit de là qu'on peut considérer la chaleur versée de part et d'autre, comme composée de deux parties; dont l'une est exactement la même dans chaque source, soit pour la quantité, soit pour la distribution et l'époque de chacun de ses incrémens. L'autre partie dans chaque source est la même en quantité, mais peut différer quant à la distribution, et diffère quant à l'époque.

Car dans la source moins durable, elle est placée avant, et dans la source plus durable, après l'instant où ces deux sources ont un incrément égal.

Concevons chaque incrément de ces parties dissemblables divisé en un certain nombre d'aliquotes égales. Et puisque les deux parties sont égales en quantité, elles en contiendront chacune un même nombre, et chacune de ces aliquotes exécutera le même rayonnement en tems donné. Mais toutes les aliquotes qui appartiennent à la source la moins durable sont versées plus tôt qu'aucune des aliquotes de l'autre source. Donc leur perte sera plus grande à l'époque où celle-ci tarit et à toute autre postérieure.

Donc enfin, à cette époque-là, le corps soumis à l'influence de la source la plus durable sera le plus chaud.

Ce qu'il falloit déterminer.

§. 283. Le problème du §. 281. pourroit également se résoudre sans diviser la chaleur versée de part et d'autre en ses parties semblables et dissemblables. C'est ainsi que je l'avois fait d'abord; et il suffit pour cela de comparer les suites qui expriment la chaleur acc uise de part et d'autre à l'epoque qu'on déter[illegible] c[illegible]e méthode conduit à des calcul[illegible]ués.

Je [illegible]s [illegible] idée qui les simplifie à Mr. [illegible] V[illegible]st ce même philosophe qui aperçut le p[illegible]r l'insuffisance des théories vulgaires p[illegible]liquer le phénomène de la réflexion du fr[illegible] et dont les remarques furent l'occasion de mes premières recherches à ce sujet (§. 7. page 14.).

§. 284. Dès que la source s'éteint, la chaleur qui reste dans le corps aux instans subséquens peut être représentée par les ordonnées d'une logarithmique. Pendant que la source coule, on peut comparer la chaleur entrante à une vitesse qui croît uniformément, et la chaleur sortante à une résistance simplement proportionnelle à la vitesse. C'est donc à ce dernier égard un cas qui a quelque analogie avec celui que traite Newton, *Princip. L. II. Prop.* 3. *et* 2.

On pourroit aussi démontrer les propositions §§. 281. 282. au moyen du raisonnement vant.

Tant que la source hâtive coule, le corps la reçoit est celui qui rayonne le plus. Et uis l'extinction de cette source, jusqu'à e de la source tardive, il rayonne, ou au-, ou plus, ou moins, que l'autre corps. rayonne autant ou plus, il est évident que erte totale est plus grande; et s'il rayonne ns il est un instant où sa chaleur interne moindre (§. 31.). Or il n'acquiert rien. c cette chaleur interne se maintiendra ndre constamment, et entr'autres elle ar-a telle à l'époque indiquée *.

THÉORÈME.

285. *L'influence solaire échauffe l'hé-hère boréal plus que l'austral.*

DÉMONSTRATION.

isons abstraction de l'influence solaire er, et ne considérons de part et d'autre celle d'été qui a lieu d'un équinoxe à e.

---

oyez à la fin la note H.

1.° Chaque hémisphère décrivant 180° de l'écliptique reçoit d'égales quantités de chaleur en tems inégaux (§§. 276. 277.).

2.° Cette chaleur est versée de part et d'autre selon la loi indiquée dans l'hypothèse du §. 282, comme je le ferai voir au §. suivant.

Donc à l'époque où cessera la source la plus durable, le corps soumis à son influence sera le plus chaud (§. 282.).

Mais c'est l'hémisphère boréal qui est dans ce cas (§. 272.).

Donc enfin, en vertu de l'influence du soleil d'été, l'hémisphère boréal sera plus échauffé que l'austral.

Il est vrai qu'en vertu du soleil d'hiver, le contraire aura lieu.

Mais le soleil d'été surpasse beaucoup en intensité le soleil d'hiver.

Donc le boréal sera échauffé par l'excès de l'échauffement d'été sur celui d'hiver, résultant de la circonstance que nous venons d'analyser.

Et comme ceci se répète chaque année, il doit enfin y avoir une chaleur relative constante plus grande dans l'hémisphère boréal.

Remarque.

§. 286. J'ai dit que la chaleur estive, versée de part et d'autre par le soleil, se conforme à la

loi indiquée dans l'hypothèse du §. 282, est-à-dire, 1.° que cette chaleur n'est pas ersée uniformément, mais 2.° qu'elle l'est 'une manière continue, et que 3.° dans toute durée de ces deux sources de chaleur, en eur supposant une origine commune, on ne eut trouver qu'un seul instant où l'incrément e l'une égale celui de l'autre.

Ce troisième point seul peut, au premier oup-d'œil, causer quelque difficulté; mais n en reconnoîtra la nécessité, en considérant uniformité et la ressemblance de la cause qui git d'une part, et de la cause qui agit d'autre part, pour produire les incrémens de chaleur t leurs différences.

A l'origine, le soleil austral fournit jusqu'au milieu de son été des incrémens continuellement croissans, et constamment plus grands un même instant que ceux du soleil boréal. Du milieu de l'été austral jusqu'à sa fin, les ncrémens du soleil austral diminuent constamment; ceux du boréal augmentent encore quelque tems; et (soit dans le cours de cet accroissement, soit après) il arrive un instant où l'incrément austral égale le boréal; car celui-ci subsiste après que l'autre est évanoui.

Dès cet instant d'égalité, il est impossible l'imaginer un autre instant où l'incrément aus-

tral égale le boréal ; car le premier a des progrès de diminution plus rapides que le second (peut-être même que celui-ci croît encore quelque tems, tandis que l'autre décroît).

Ainsi, à tous égards, l'influence du soleil d'été, austral et boréal, est soumise à la loi de l'hypothèse du §. 282.

§. 287. Pour rendre cet effet sensible, on peut tracer deux courbes, dont les aires représentent les chaleurs d'été versées par le soleil sur chaque hémisphère, et qui, ayant une commune origine et une même ligne des abscisses, présentent d'une manière intuitive le résultat des précédens raisonnemens.

FIG. 4. La ligne *AB* est le tems employé par la terre à parcourir les six premiers signes, de l'équinoxe du belier à celui de la balance, soit la durée de l'été boréal. Et les divisions marquées sur cette ligne par de petits traits *inférieurs* (entre lesquels se trouvent compris les six premiers signes) indiquent par leur longueur le tems employé à décrire chaque signe.

De même, la ligne *AC* est le tems de la balance au belier, soit l'été austral. Et les divisions indiquées par les traits *supérieurs* expriment le tems correspondant à chacun des six derniers signes.

Dans chaque courbe, la première ordonnée

a été élevée à la fin de la première division. Et de l'une à l'autre courbe, le rapport de ces deux premières ordonnées a été fait inversement égal à celui des divisions auxquelles elles appartiennent. En sorte qu'on a $PO:po = Ap:AP$. Dans une seule et même courbe, les ordonnées aux extrémités de chaque division ont été faites proportionnelles à la déclinaison du soleil à l'instant auquel elles correspondent *.

Cette construction suppose 1.° que dans le cours d'un même signe du zodiaque, l'incrément de la chaleur solaire est constant, ou du moins croît et décroît uniformément. 2.° Que dans le cours d'un même été, soit austral soit boréal, d'un signe à l'autre, cet incrément est proportionnel à la déclinaison du soleil.

Cela posé, il est clair que la chaleur versée par le soleil pendant l'été sera mesurée par l'aire de ces courbes; savoir, pour l'hémisphère austral par *AODiC*, et pour le boréal par *AodiB*.

---

* L'été boréal est à peu près de 186 $\frac{1}{2}$ jours, l'austral de 178 $\frac{1}{2}$. Les divisions ou mois astronomiques, qui correspondent aux six premiers signes, sont en jours à peu près comme les nombres 31, 31, 31, 31 $\frac{1}{2}$, 31, 31. Aux six derniers signes, comme 30, 30, 30, 29, 29$\frac{1}{2}$, 30. Telles sont les proportions que doit offrir la figure.

Ces courbes n'ayant qu'un point d'intersection, *i*, n'auront qu'un incrément commun, *Ji*. Elles sont composées d'une partie commune *AodiC*, et de deux parties dissemblables, mais égales; savoir, *AODidoA* = *CiB*. Tous les petits incrémens qui composent la première (laquelle appartient à l'hémisphère austral) sont placés dans le tems avant le point *I*, tandis que tous ceux qui composent la seconde (appartenant à l'hémisphère boréal) sont placés dans le tems après ce même point; d'où résulte pour la première un plus long rayonnement, et par conséquent un plus grand épuisement.

Cette représentation, quoiqu'imparfaite, est propre à donner une idée approchée de la marche du phénomène. Lorsqu'on fait abstraction de la durée des saisons et de la distance au soleil, tous les élémens qui influent sur la chaleur solaire dépendent de la déclinaison du soleil, et ont en même tems que celle-ci leur origine, leur accroissement, leur maximum, leur décroissement et leur fin. Or la construction de la première ordonnée supplée à la considération de la distance et du tems (§§. 276. 277.). Il suit de là que si nous avions sous les yeux les vraies courbes des chaleurs solaires d'été, australe et boréale; elles

s'entrecoûperoient à peu près comme font celles-ci, c'est-à-dire, à peu près à la même époque, et elles n'auroient pas d'autres points d'inflexion. Ce qui suffit à notre but.

§. 288. Ainsi l'hémisphère boréal acquerra par l'influence du soleil, une chaleur relative constante, supérieure à celle de l'hémisphère austral (§. 285.). Et cette chaleur acquerra de part et d'autre son maximum, résultant de l'équilibre entre les chaleurs entrante et sortante. En sorte que leur état de température à cet égard sera précisément celui qui auroit lieu si ces hémisphères, détachés l'un de l'autre, décrivoient autour du soleil des orbites semblables, mais dont les distances moyennes fussent inégales, l'austral se trouvant un peu plus éloigné du foyer.

Cet effet nécessaire d'une cause mécanique bien reconnue, doit être considérable dans une planète dont l'excentricité est grande; mais il ne peut être nul dès qu'il y a quelqu'excentricité, quelque petite que soit cette quantité : et quant à notre terre, c'est un phénomène intéressant qui se lie à plusieurs branches de la philosophie naturelle, et qui peut être soumis au calcul, comme tous ceux qui dépendent des mouvemens des corps célestes.

CHAPITRE VI.

De l'inégalité périodique de température relative des deux hémisphères, ou de la température relative des saisons dans chaque hémisphère.

§. 291. Considérons maintenant la chaleur rayonnante qui résulte de la chaleur propre de la terre, dans le but de déterminer son effet sur la chaleur relative des hémisphères, en faisant abstraction de l'effet de la chaleur solaire.

Premièrement, cette considération ne peut introduire aucune disparité dans la température moyenne des hémisphères. Car, supposant la chaleur primitive interne (quelle que soit son origine) égale de part et d'autre, la chaleur rayonnante est égale en tems donné (§. 31.). Mais le tems étant, de part et d'autre, la durée même de l'année tropique, multipliée autant de fois qu'on voudra; cet élément ne peut introduire aucune inégalité constante.

§. 292. Il n'en est pas de même de la chaleur périodique et particulière à chaque saison. La considération de la chaleur propre de la terre y fait découvrir une inégalité.

En effet, la chaleur rayonnante produite

par la chaleur propre de la terre, étant dans chaque hémisphère proportionnelle au tems, et l'hiver austral étant plus long que le boréal à peu près dans le rapport de 373 à 357, le rayonnement d'hiver doit être plus grand dans cet hémisphère. Et par la même raison, le rayonnement d'été du boréal doit être plus grand selon le même rapport.

Il suit de là que les températures des deux saisons boréales seront plus rapprochées que celles des australes.

Ainsi, faisant abstraction de l'inégalité constante, l'été austral seroit plus chaud, et l'hiver austral plus froid, que ces mêmes saisons boréales respectivement. Et l'inégalité constante étant reprise en considération, on peut dire que le rapport des températures d'été et d'hiver est plus grand dans l'hémisphère austral.

§. 293. Cette inégalité sera inégalement répartie et affectera inégalement les divers climats des deux hémisphères.

Près de l'équateur, par exemple, cette considération ne peut guères avoir d'effet sensible. Les hivers, ou les saisons froides n'y correspondent pas aux moindres hauteurs solaires, et ne se distinguent presque pas des saisons chaudes par les mêmes élémens que dans les latitudes élevées.

CHAPITRE V.

Effet de la réunion des deux hémisphères.

§. 289. Les résultats précédens supposent les hémisphères détachés et sans communication mutuelle. Corrigeant cette fausse supposition, on reconnoîtra que la différence de température entre les deux hémisphères ne pourra pas être sensible au thermomètre dans les lieux voisins de la limite qui les sépare. Car l'équilibre entre les températures voisines s'y établit sensiblement, 1.° par le rayonnement du calorique ; 2.° par les échanges lents et continuels du feu intérieur ; 3.° par les grands mouvemens oscillatoires de ce feu intérieur lorsqu'il est très-condensé ; 4.° par le mouvement des eaux ; 5.° surtout par l'agitation de l'atmosphère ; 6.° par l'influence de diverses causes locales agissant en divers sens, lesquelles n'étant point appréciées, et se mêlant à celle dont il s'agit, empêchent qu'on ne la distingue.

Ainsi les régions australes et boréales les plus éloignées entr'elles, c'est-à-dire, les régions circonpolaires, seront celles où la différence de température se fera le plus sentir.

Et dans les latitudes inférieures il y aura un certain parallèle où cette différence commencera à devenir sensible ; en sorte que plus près de l'équateur elle ne le sera plus, plus loin elle ira en croissant.

La détermination de cette limite n'est pas à ma portée.

§. 290. En outre, l'effet que nous venons d'analyser est, pour les régions des zones torrides et temperées, le résultat de la différence de deux causes contraires et continues, puisque le soleil d'hiver détruit en partie l'effet du soleil d'été (§. 285.). Mais pour les zones polaires, une partie considérable de l'action du soleil d'été est sans aucune compensation, par l'absence absolue ou la discontinuité du soleil d'hivèr.

C'est une nouvelle raison ajoutée à celle que je viens d'indiquer, pour faire présumer que le froid austral peut n'être sensible que dans les régions circonpolaires.

dans cette glace pour la résoudre en eau ; mais cette chaleur devenue libre a rayonné, et par conséquent elle a subi quelque diminution.

Cette cause doit donc rendre l'hémisphère austral plus froid à même latitude, dès qu'on atteint celle où il se forme de la glace pendant l'hiver.

§. 296. Ce que j'ai dit du feu de liquidité s'applique aisément au feu de vaporisation. Si l'on suppose l'atmosphère tranquille et immobile, les vapeurs aqueuses qui se condenseront par le froid laisseront échapper leur feu de vaporisation. Et ce feu devenu libre et rayonnant opérera une perte de même genre que la précédente, et qui tendra à refroidir relativement l'hémisphère austral dans toutes les latitudes où le froid de l'hiver produit quelque condensation de vapeurs.

Mais cette cause est tellement troublée par l'agitation de l'atmosphère et par d'autres causes accidentelles mal déterminées, qu'on ne peut lui assigner cet effet qu'avec défiance.

CHAPITRE VIII.

De la chaleur relative des deux hémisphères, modifiée par une considération géographique.

§. 297. J'AI supposé le globe terrestre couvert d'eau en entier; il est tems de corriger cette supposition.

L'océan couvre les régions circonpolaires australes plus que les boréales : « car, comme » l'observe Mr. de Buffon *, les continens... » s'étendent jusqu'au 70.e degré et au-delà » vers le pôle arctique, tandis que dans les » régions australes il n'existe aucune terre de- » puis le 50.e, ou même le 45.e degré » (à de légères exceptions près).... » en sorte que » cette grande zone australe est entièrement » maritime et aqueuse, et la boréale pres- » qu'entièrement terrestre. »

§. 298. Il résulte de là, que la quantité de glace qui s'y peut former est plus considérable. Et puisque la formation de la glace occasionne une perte de chaleur (§. 295.); cette perte par-là même doit y être plus grande.

* *Hist. nat. Suppl. T. X. in-8.* p. 361.

On pourroit appliquer ceci à la condensation des vapeurs, nécessairement plus efficace là où elles abondent, si l'atmosphère n'en troubloit l'effet.

§. 299. La plus grande étendue des mers paroît aussi devoir produire du refroidissement par l'excès d'évaporation qui en est la suite, même indépendamment de la perte qui résulte de l'augmentation de la chaleur rayonnante. Il est vrai que le calorique enlevé à l'eau par la vaporisation reste dans l'atmosphère, d'abord latent, puis libre, lorsque le froid (ou telle autre cause) condense les vapeurs. Mais l'agitation de l'atmosphère répand, par les courans qui s'y forment, ces vapeurs et ce calorique, de côté et d'autre, en sorte que les lieux qui en fournissent le plus à ce commun réservoir, où il va se disperser, sont aussi ceux qui s'en trouvent enfin le plus dépouillés.

§. 300. Telles sont les nouvelles modifications qu'apporte à la chaleur relative des deux hémisphères la circonstance géographique que j'ai remarquée.

Cette remarque n'est pas nouvelle. Mais les conséquences qu'on en a tirées diffèrent entre elles, et ne s'accordent pas avec celles que je viens de déduire.

Avant que le pôle austral eût été suffisam-

ent reconnu, Mr. Æpinus s'étoit occupé de sujet. Il avoit d'abord examiné l'effet de plus ou moins grande étendue des mers sur température des terres qu'elles entourent. t remarquant que des îles assez voisines du ôle, telles que l'Islande, jouissent d'une tem-érature plus douce que leur latitude ne semble comporter, et qu'il en est à peu près de même des rivages septentrionaux de la mer tlantique; il s'étoit persuadé que le voisinage e l'océan servoit à tempérer le froid : « car, disoit-il, l'expérience atteste, que plus un pays est voisin de l'océan, plus ses hivers sont tempérés, et que plus il est enfoncé dans le vaste continent qui constitue les pro-vinces russes de l'Asie septentrionale, plus il éprouve des froids rigoureux. »

Recherchant la cause de ce phénomène, l s'arrête à celle que paroît lui fournir l'agita-ion des eaux de l'océan : non qu'il imagine que cette agitation soit une cause de chaleur absolue; mais parce qu'elle doit mêler sans esse les eaux du fond avec celles de la surface, t que le froid d'un hiver ne pénètre pas jusqu'à profondeur des grandes vagues de l'océan.

Partant de ce fait une fois admis, que le oisinage des mers tempère le froid des terres; en fait l'application, avec de sages réserves,

au phénomène du froid austral. « Les effets de » la nature, dit-il, sont le plus souvent com- » pliqués. Ainsi, quoique j'aie découvert ci- » devant une cause que je puis sans témérité » envisager comme assez probable *, qui rend » l'hémisphère boréal de la terre constamment » plus chaud que l'austral; il me paroît que » je ne dois point encourir de blâme, pour » penser que d'autres causes peuvent concourir » avec celle-là pour produire le même phéno- » mène. Les régions polaires arctiques étant » couvertes des eaux de l'océan, supposons » que le pôle austral, dont aucun navigateur » n'a pu encore approcher, soit entouré d'un » vaste continent. J'oserois bien affirmer, » qu'une conséquence nécessaire de cet ordre » de choses, seroit que les hivers de l'hémis- » phère austral dans les régions circonpolaires, » seroient plus rigoureux que ceux de l'autre » hémisphère **. »

§. 301. Le pôle austral ayant été bien reconnu par Cook, depuis l'époque à laquelle écrivoit ce physicien, la conjecture qu'il sembloit former ici sur l'existence d'un continent

---

* J'ai indiqué et discuté cette cause à laquelle Æpinus fait allusion, aux §§. 272 et 280. ci-dessus.

* *Cogitationes de distributione caloris per tellurem.*

austral

tral a été absolument détruite, et, comme 'ai dit ci-dessus, il a été constaté que la : occupe une beaucoup plus grande partie régions australes que des boréales (§. 297.). 'ster père profitant de l'avantage que lui ınoient ces nouvelles connoissances géogra- ques, en fit aussitôt l'application à la cha- r relative des deux hémisphères de la terre. il partit d'un principe directement opposé ·lui qu'avoit adopté Æpinus. Celui-ci pen- . que la mer tempère le froid. Forster rche à établir que la mer augmente le froid, du moins tempère la chaleur.

« La mer, dit-il, étant un corps transpa- ent, les rayons du soleil y pénètrent fort ıvant; mais à environ 271 pieds anglois, es faisceaux de lumière ne passent pas plus oin, et à cette profondeur l'eau de la mer levient parfaitement opaque. Partout donc ıù il n'y a point de fond à 45 brasses, a mer ne réfléchit aucun rayon du soleil : ls sont tous absorbés dans l'océan : et comme a réflexion de ces faisceaux contribue sur- tout à la chaleur de la température de l'air, il s'ensuit que sur les mers d'une grande étendue, qui ont communément 48 brasses de profondeur, la température de l'air n'est jamais aussi chaude que sur les terres placées

» aux mêmes parallèles ; c'est pour cela encore » que les îles d'une médiocre grandeur, environnées d'un grand océan, ne sont pas aussi » chaudes que les grands continens qui se » trouvent sous le même parallèle. J'ajouterai » que le foyer du miroir ardent dirigé sur de » l'eau, ne produit point de chaleur, tandis » qu'à ce foyer toute espèce de métal se fond » à l'instant, se vitrifie et s'évapore *. »

Forster applique ce principe au froid austral, et l'ajoute à la considération de la plus longue durée des saisons froides dans cet hémisphère.

§. 302. Il ne peut y avoir d'opposition plus directe que celle qui se trouve entre les sentimens de ces deux physiciens, touchant l'effet de la mer sur la température des terres qu'elle avoisine. L'un établit qu'elle échauffe, l'autre qu'elle refroidit, et chacun d'eux allègue des preuves physiques et géographiques.

Sans entrer dans la discussion de ces assertions, j'observerai que ni l'une ni l'autre des causes indiquées par ces auteurs ne me paroît applicable au phénomène du froid austral.

Dans tous les lieux où l'on observe, on trouve la température des caves profondes non-

* *Voy. de Cook et Forster*, T. V, de la trad. françoise, in-4°, p. 89.

ılement analogue, mais égale à la tempé-
ure moyenne de la surface terrestre du lieu.
r conséquent, ni le mélange des eaux pro-
ıdes, ni l'absorption des rayons solaires à
e grande profondeur, ne peuvent changer
tat de la température moyenne. Ces circons-
ıces peuvent avoir des effets momentanés;
es peuvent diminuer ou accroître le froid en
taines saisons, mais non dans un long cours
nnées: parce que pendant ce long tems,
t que le mélange des eaux du fond s'opère
ne s'opère pas, soit que l'absorption des
ons solaires se fasse au fond ou à la surface,
chaleur entre le fond et la surface a le tems
se mettre en équilibre, et la température
yenne qui en résulte ne varie pas.

CHAPITRE IX.

Suite.

§. 303. Tout ceci, écrit avant que j'eusse connoissance de l'ouvrage de Mr. Kirwan sur *la température des différentes latitudes*, se trouve si heureusement confirmé par les recherches de cet ingénieux physicien, que je ne dois pas négliger d'indiquer ici ces rapports.

Après une discussion très-profonde sur l'influence de l'eau pour modifier la chaleur du climat, discussion dans laquelle la théorie et l'observation sont liées, mais qui est essentiellement fondée sur une suite de faits aussi certains que bien analysés, l'auteur arrive à cette conclusion *.

« Abstraction faite des circonstances que je » vais indiquer, la terre prend en été 8 ou 10

* *An estimate of the temper. of diff. latit. p.* 40. Au nombre des faits principaux sur lesquels cette conclusion est fondée, sont les expériences de Hales sur la température comparée de l'air et du terrain. Ces expériences ont été reprises avec plus de suite, et avec des instrumens plus parfaits par Mr. F. G. Maurice, dont les observations météorologiques offriront, lorsqu'il les publiera, un recueil précieux en ce genre.

» degrés de chaleur de plus que la mer, et
» elle est de 8 ou 10 degrés plus froide en
» hiver, à la même latitude *. »

On voit donc que l'eau ne modifie point le climat d'une manière permanente et séculaire, mais seulement d'une manière périodique **. Voilà le fait général. Voyons maintenant les circonstances particulières, dont l'auteur a dit qu'il faisoit ici abstraction, et qu'il traite ensuite avec beaucoup de soin et de détail. Entre ces circonstances, il en est deux qui n'ont pas de rapport à l'eau, et dont par cette raison je ne

---

* Il s'agit ici, et dans tout ce que je cite de Mr. Kirwan, des degrés de Fahrenheit.

** Cet effet se manifeste bien dans l'observation suivante d'un habile navigateur, qui fut conduit immédiatement à la cause du phénomène par la brièveté de sa durée.

« Il est remarquable, dit Mr. de la Billardière, que la température de l'atmosphère à cette extrémité de la Nouvelle Hollande [au Cap Diémen] varia quelquefois de 17° du jour à la nuit (du 6.ème au 23.ème de Réaumur). A la vérité, ajoute-t-il, cette terre étroite, située par une aussi haute latitude [42° S.] est peu capable de retenir long-tems la chaleur, que lui ont imprimée les rayons du soleil. A bord [du vaisseau La Recherche], la variation du thermomètre dans le même tems n'alloit pas au-delà de 5 à 6 degrés. *Voyage à la recherche de la Pérouse*, T. II. p. 27.

fais pas mention, savoir l'élévation du sol, et le voisinage des montagnes et des forêts. Quant au voisinage de l'océan que l'auteur nomme *standard océan*, (c'est-à-dire, de cette partie de l'atlantique et de la mer pacifique, qui est la moins exposée aux causes accidentelles, et dont la situation offre un *étalon* commode pour servir de point de comparaison), voici comment se manifeste son influence.

Pour chaque 50 milles anglois de distance d'un lieu à *l'océan qui sert d'étalon*, il faut compter le changement de température moyenne annuelle qu'exprime la table suivante.

Du 70° de latitude au 35°.	refroidi de		$\frac{1}{8}$ de degré.
35°			$\frac{1}{8}$
30°			0
25°	réchauffé de		$\frac{1}{5}$
20°			$\frac{1}{5}$
10°			1

En général dans l'espace en latitude que comprend cette table, pour l'hémisphère boréal, sur lequel seul elle a été faite du moins aux latitudes élevées, la mer ne gèle point. Dans la table de *la chaleur moyenne menstruelle de l'océan servant d'étalon* *, on voit qu'au 60° de latitude, la température, dans aucun

* *Estim. of temp. of diff. lat.* p. 23.

mois de l'année, n'est plus basse que le 33° degré de Fahrenheit, c'est-à-dire, qu'elle est constamment au-dessus du terme de la congélation de l'eau douce. Et du 60° au 70° de latitude, en aucun mois la température ne baisse au-dessous du 27° de Fahrenheit. Au 70° de latitude enfin, la température n'est au-dessous de 32° de Fahrenheit que quatre ou cinq mois de l'année.

J'observe en outre que dans cet intervalle de 10° de latitude, depuis 60° à 70°, la table a dû être principalement dressée par théorie, vu que les observations d'hiver sur mer, et les observations exactes sur terre à de grandes distances du rivage, sont moins communes à mesure qu'on avance vers les hautes latitudes; et c'est ce qu'insinue Mr. Kirwan, soit en présentant cette table aux physiciens avec une franchise digne d'être imitée, soit en ajoutant à la suite de cette table cette explication remarquable. « Quoique le soleil soit absent un mois » entier à la latitude de 67°, et deux mois à » celle de 70°, etc. toutefois j'ai hasardé de » fixer la chaleur moyenne de Janvier au 70° » de latitude pas plus bas que 27°, parce qu'à » Wadso, latitude 70°5′, on ne voit jamais » la mer geler, et que sa température aux en- » virons de Noël est de 32°, quelquefois au-

» dessus, quelquefois au-dessous. » Mr. Kirwan ajoute à cette observation, d'autres raisons qui confirment son opinion touchant la température modérée de cette mer dans les hautes latitudes. Et il indique ailleurs la vraie cause de cette chaleur supérieure que la mer conserve pendant l'hiver, cause dont Mr. Æpinus avoit approché, mais qui se trouve ici développée avec beaucoup de clarté : c'est principalement l'inégale densité des couches supérieures et inférieures des eaux, qui force les couches chaudes du fond à remplacer celles de la surface à mesure que le froid les condense. Il se pourroit aussi que (de même qu'on l'observe dans l'air) les courans généraux s'établissent en bas du froid au chaud, en haut du chaud au froid, ce qui ramèneroit sans cesse à la surface, dans les latitudes élevées, des eaux échauffées par le soleil. Enfin l'élévation du sol, est une cause de froid toujours subsistante.

Quoiqu'il en soit, Mr. Kirwan ayant établi clairement que (en exceptant certains hivers rigoureux) la mer ne gèle point au-dessous du 60° de latitude, et ayant rendu probable qu'elle gèle bien peu au-dessous du 70° de latitude ; et ce même auteur ayant fixé au 35° de latitude, la limite à laquelle il commence à

se former sur terre de la glace pendant l'hiver, dans les terrains médiocrement élevés *: on ne doit pas être surpris que du 35° au 70°, la terre soit (d'après nos principes) un peu plus refroidie que la mer, et que cette différence se manifeste toujours plus à mesure qu'on s'éloigne davantage du rivage qui sépare la mer du continent. Les eaux douces qui abreuvent les terres, en gelant chaque année, augmentent les rigueurs de l'hiver (§. 295.). Les glaces et les neiges entassées, en fondant lentement, les prolongent.

Il est bien vrai que l'évaporation étant plus grande sur la surface aqueuse doit y augmenter le froid relatif, et combattre jusqu'à un certain point l'effet de la cause que je viens d'indiquer (§. 299.). Mais on conçoit aisément qu'il peut y avoir excès de l'une sur l'autre, et c'est cet excès que donne l'observation.

Au 30° de latitude ces deux causes sont insensibles; il ne se forme plus de glace dans les terres médiocrement élevées **, l'évaporation agit seule, et son action, dans les lieux où l'on a observé, est exactement balancée par les glaces rares des lieux peu élevés, ou

* Ibid. p. 19.
** Ibid.

bien les observations desquelles ce résultat moyen est tiré se compensent, ou bien enfin les circonstances de l'élévation du sol et de la distance à l'*océan servant d'étalon* n'ont pu être exactement séparées, comme on doit peut-être l'inférer des expressions de l'auteur à ce sujet. « Il paroît, dit-il, que du 70° de latitude » au 30°, l'élévation et la distance conspirent » pour produire le même effet, c'est-à-dire, » pour abaisser la température annuelle; on » seroit tenté de supposer en conséquence que » leur effet réuni doit être le produit de l'une » et de l'autre cause; mais comme l'effet de » l'élévation est jusqu'à un certain terme com- » pliqué avec celui de la distance, savoir lorsque » l'élévation est moindre que six pieds par mille; » je trouve plus conforme à l'observation d'ad- » ditionner les effets de la distance et de l'élé- » vation l'un à l'autre. »

Et il ajoute, en continuant de résumer les résultats de la table ci-dessus : « Dans les lati- » tudes au-dessous de 30°, l'élévation et la » distance de l'*océan qui sert d'étalon* en gé- » néral se combattent mutuellement, et par » cette raison l'effet de l'une doit être *soustrait* » de l'effet de l'autre. »

C'est donc vers les 30° de latitude que l'effet de la distance a passé dans les calculs de

M. Kirwan de l'état positif à l'état négatif. On conçoit aisément que, dans la réduction des observations aux environs de cette latitude, cet élément a dû paroître nul.

Du 30° au 10° de latitude la glace n'existe plus, même l'hiver, si ce n'est à la hauteur de 11592 pieds anglois *, et par conséquent on peut bien compter son influence sur le refroidissement général du sol comme nulle. Cette cause étant ainsi supprimée, l'évaporation agit seule; et l'on doit s'attendre à trouver son effet toujours croissant en avançant vers les latitudes chaudes **. Dans nos climats, l'évaporation d'été est à peu près quadruple de celle d'hiver *** (sans nous arrêter à d'autres raisons dont quelques-unes se trouvent indiquées à l'endroit que je cite). Et, comme dans les latitudes hautes, entre 35° et 70° de latitude, deux causes se combattoient dont nous n'observions que la différence, (causes qui ne sont

* Ibid. p. 9.

** Richmann a prouvé, par voie d'expérience, que la loi que suit la quantité de l'évaporation de l'eau est la proportion exacte du calorique qu'on y introduit, toutes choses d'ailleurs égales et dans les limites des phénomènes soumis à ses observations. *Nov. comm. Acad. Petrop. T. I.* p. 200 et 205.

*** Ibid. p. 12.

pas fort éloignées de l'égalité dans leurs diverses périodes et qui s'égalisent vers le 30° de latitude); il est naturel de présumer que l'effet sera plus sensible, lorsqu'une cause agira seule. Et c'est aussi ce qui s'observe dans la table précédente, où l'évaporation produit jusqu'à 1° thermométrique de différence vers le 10° de latitude; tandis que l'effet de la glace, diminué de celui de l'évaporation, ne s'élève pas à plus d'un tiers de degré thermométrique dans les latitudes hautes.

§. 304. Ne faut-il point modifier par ces considérations-là, tirées presqu'immédiatement de la table même de M. Kirwan, l'assertion suivante qu'on lit dans son ouvrage? « Les îles » étant entourées de la mer participent plus à » sa température et sont par conséquent *plus* » *chaudes* que les continens *. » Ne faut-il point lire *plus tempérées*; c'est-à-dire, plus chaudes en hiver, moins chaudes en été? Ou ne doit-on point restreindre l'assertion aux îles situées au-dessus du 35.° parallèle? En un mot, ne faut-il pas avoir égard au principe et à la table que nous venons d'analyser?

Si j'examine la température des îles qui est donnée par résultat d'observations dans l'ou-

* Ibid. p. 46.

vrage de M. Kirwan, j'y trouve de quoi fortifier ce soupçon. A Madère la température moyenne observée est de 68°,6. Celle de l'*océan servant d'étalon* à cette latitude est 68°,9. A Londres, la température est exactement ce qu'elle doit être; à Edimbourg, l'observée est 47,7, celle de *l'étalon* 47,5. Aux îles Falkland la température est beaucoup au-dessous de l'*étalon*. Manille est de 2° moins chaude que son *étalon*. Je ne vois entre les îles indiquées que Saint-Domingue dont la température soit sensiblement plus haute que son *étalon*, en s'en rapportant à l'estimation de Mr. Blagden qui la fixe à 81°; tandis que l'*étalon* ne donne que 78°,3. Je vois cependant que Mr. Hunter fixe à 80° la chaleur des puits à Kingston dans la Jamaïque *. Si l'on s'en tenoit à cette estimation pour Saint-Domingue, il y auroit encore 1°,7 de trop. Mais Saint-Domingue étant une île très-grande, et sous cette latitude la terre s'échauffant à raison de 1° par 50 milles de distance à la mer, ne pourroit-il point se faire que cette cause y influât sensiblement? Ou bien n'y a-t-il point ici quelque cause locale?

En examinant ces résultats, je crois qu'on

* *Trans. phil.* 1788.

peut conserver quelque doute sur la chaleur des îles.

§. 305. Sans insister sur ce fait particulier, il est important de faire remarquer une conséquence de la proposition établie par M. Kirwan, touchant l'effet de la mer sur la température périodique du climat.

Le pôle austral étant beaucoup plus recouvert par la mer que le boréal, les îles et les extrémités des terres y doivent plus participer à la température des eaux; on doit donc s'attendre à y trouver les étés moins chauds et les hivers en proportion moins rigoureux qu'ils ne devroient être (§. 303); et cette circonstance peut masquer l'effet de l'influence solaire à cet égard dans les climats où l'océan ne gèle pas. Ainsi la température périodique des deux hémisphères qui, par une raison précédemment déduite (292.), devoit produire dans l'austral des hivers plus froids et des étés plus chauds, devra, par la raison actuelle, produire dans les mêmes climats précisément l'effet opposé. Et l'observation donnera la différence de ces deux causes, sur l'intensité absolue ou relative desquelles nous ne sommes en état de rien affirmer à l'avance.

CHAPITRE X.

Résumé des causes qui doivent influer sur la température relative des deux hémisphères de la terre.

§. 306. Y a-t-il une cause mécanique de différence constante entre les températures australe et boréale ?

J'ai répondu affirmativement à cette première question. J'ai réfuté les opinions de ceux qui attribuoient cette différence à quelque inégalité dans la quantité de chaleur solaire reçue par l'un et l'autre hémisphère. J'ai fait voir que cette différence provient de l'inégalité qui a lieu dans la quantité de chaleur rayonnante que ces hémisphères émettent en tems donné. Et j'ai montré comment cette inégalité résulte nécessairement de l'inégale distribution des quantités égales de chaleur solaire qui leur sont départies annuellement.

§. 307. Y a-t-il une cause mécanique de différence périodique entre les températures australe et boréale? Le rapport de l'été à l'hiver doit-il différer, dans les deux hémisphères, aux mêmes latitudes?

J'ai encore répondu affirmativement à cette

seconde question. Et laissant les fausses opinions de ceux qui attribuoient cette différence à quelque inégalité dans la chaleur solaire, j'ai prouvé qu'elle doit résulter du rayonnement que produit la chaleur propre et permanente de la terre.

§. 308. J'ai indiqué ensuite une cause chimique qui augmente l'effet des causes mécaniques précédentes; savoir, l'excès de rayonnement produit par la formation de la glace, et par la condensation des vapeurs.

§. 309. J'ai mentionné enfin une cause géographique bien connue (l'excès des eaux), comme devant augmenter l'effet de la cause chimique indiquée ci-dessus. Je l'ai envisagée aussi comme enlevant, par l'évaporation, plus de calorique aux régions australes. Et j'ai réfuté les opinions contradictoires de quelques physiciens sur la manière d'agir de cette cause.

Profitant ensuite des résultats les plus certains de l'observation, qui font envisager la mer comme tempérant également les étés et les hivers dans les climats où elle ne gèle pas, j'ai fait remarquer que cette cause étoit opposée à celle qui influe mécaniquement sur la température périodique, et que la différence de ces deux actions opposées ne pouvoit être appréciée d'avance.

§. 310.

§. 310. Toutes ces causes du froid austral ont été trouvées plus actives dans les latitudes élevées, et quelques-unes absolument nulles dans les latitudes inférieures.

Consultons maintenant l'expérience.

CHAPITRE XI.

De la chaleur relative des deux hémisphères donnée par l'observation.

§. 311. L'HÉMISPHÈRE austral est-il plus froid que le boréal?

Au milieu du siècle, Buffon répondoit négativement à cette question. « Les navi-
» gateurs prétendent, disoit-il, que le con-
» tinent des terres australes est beaucoup plus
» froid que celui du pôle arctique, mais il
» n'y a aucune apparence que cette opinion
» soit fondée *. »

Mairan, écrivant peu d'années après cette époque, adoptoit le sentiment de Buffon à cet égard. « Que doit-on penser, dit-il, de
» l'opinion communément reçue sur ce sujet

---

* *Théorie de la terre. Hist. nat. in-8. T. I. p.* 312 La première édition de cet ouvrage parut en 1749.

» et de ces froids excessifs de l'hémisphère
» austral, que quelques navigateurs s'ac-
» cordent à exagérer, en comparaison de ceux
» qu'on éprouve dans le boréal? C'est un pré-
» jugé moderne qu'on peut mettre à côté de
» celui des anciens sur la zone torride, comme
» sur les polaires, et dont on commence aussi
» à revenir de même depuis qu'il a été discuté.
» Je m'en rapporte donc à ce qu'en ont dit
» Mr. de Buffon, dans son *Histoire naturelle*,
» et Mr. le président De Brosses, dans son *His-*
» *toire des navigations australes*, où ils sont
» entrés dans cette discussion *. » Il s'étaye dans son sentiment sur quelques relations qui ne méritent plus aujourd'hui de nous occuper.

§. 312. A l'époque de la publication du second *Voyage de Cook*, tous les doutes furent dissipés. Et Buffon ne fut pas le moins empressé à se rendre à l'évidence, quoiqu'il ne fasse point une rétractation formelle, et qu'il paroisse suivre la trace de ses anciennes opinions, alors même qu'il les réforme. S'appropriant donc les remarques faites par les savans navigateurs qui accompagnèrent Cook dans ce voyage, il donna dans les *Supplémens*

---

* *Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris pour* 1765, *p.* 230.

de son *Histoire naturelle*, une carte exacte de toutes les connoissances acquises sur les régions polaires arctiques et antarctiques, et en développa les résultats.

Il fit voir que les glaces, qui au nord n'occupent qu'environ 9 degrés depuis le pôle, s'étendent au sud jusqu'à 18 ou 20 degrés, « puisque Cook, le plus grand de tous les » navigateurs, ayant fait le tour presqu'entier » de cette zone australe, a trouvé partout des » glaces, et n'a pu pénétrer nulle part au- » delà du 71.e degré, et cela dans un seul » point au nord-ouest de l'extrémité de l'A- » mérique : les appendices de cette immense » glacière du pôle antarctique, s'étendent » même jusqu'au 60.e degré en plusieurs lieux, » et les énormes glaçons qui s'en détachent, » voyagent jusqu'au 50.e et même jusqu'au » 48.e degré de latitude en certains endroits. »

Il observe sur un espace de 10 degrés de longitude occidentale, et de 35 de longitude orientale, formant en tout 45 degrés de longitude, que dans cette portion australe du globe, « tout » l'espace entre le 50.e et le 60.e degré de la- » titude est rempli de glaces brisées, dont » quelques-unes forment des îles d'une gran- » deur considérable ; on voit que, sous ces » mêmes longitudes, les glaces deviennent

» encore plus fréquentes et presque continues
» aux 60.e et 61.e degrés de latitude; et enfin,
» que tout le passage est fermé par la conti-
» nuité de la glace aux 66.e et 67.e degrés, où
» Cook a fait une autre pointe, et s'est trouvé
» forcé de retourner, pour ainsi dire, sur ses
» pas; en sorte que la masse continue de cette
» glace solide et permanente, qui couvre le
» pôle austral, s'étend dans ces parages jus-
» qu'au-delà du 66.e degré de latitude *. »

Cet auteur ne néglige pas de faire remarquer que les méridiens sous lesquels ces glaces s'avancent le plus, sont ceux où il y a une plus vaste mer ouverte devant elles, et où les terres sont le plus éloignées. Et cette remarque paroît conforme à la vérité.

§. 313. Lorsque Buffon développoit ces observations, il avoit sans doute connoissance de celles de même genre, qu'avoit faites Forster père, qui avoit vu de ses yeux tous ces phénomènes et en avoit bien déduit toutes les conséquences.

« Si on compare, dit ce savant voyageur,
» les observations météorologiques rassem-
» blées aux îles Falkland, par environ 51° de
» latitude sud, et publiées par Mr. Dalrymple,

* *Hist. nat. Suppl.* T. X. p. 356.

» dans sa *Collection des voyages dans la mer* » *sud*, avec celles qu'on recueille partout » en Europe dans les degrés de latitude cor- » respondans de l'hémisphère septentrional ; » si on considère qu'à la Terre de feu, à la » Terre des États et à la Géorgie australe du » 54° au 56° de latitude sud, à la terre de » Sandwich, par environ 58° et 59° de lati- » tude sud, tout le sol est couvert d'une neige » éternelle jusqu'aux rivages de la mer, dans » les mois de décembre et de janvier, qui » répondent à nos mois de juin et de juillet ; » un lecteur sans prévention jugera que la » température de l'hémisphère austral doit » être beaucoup plus froide que celle de l'hé- » misphère du nord : personne désormais ne » peut révoquer en doute cette vérité *. »

§. 314. Je terminerai ces citations par la description de ces climats glacés qu'on trouve dans la relation même de ce voyage, en supprimant ce qui contient des vues hypothétiques, pour qu'on juge du fait avec plus d'impartialité.

Etant par le 54° de latitude, sur la côte de la Géorgie australe, le 17e janvier 1775, l'auteur de la relation parlant au nom de Cook, s'exprime ainsi :

---

* *Voyage de Cook et Forster, T. V. in-4. p. 87 de la traduction françoise.*

fais pas mention
le voisinage des
au voisinage de
atlantique océan
de l'atlantique e
la moins exposé
dont la situation
servir de point d
se manifeste son

Pour chaque
lieu à l'océan *qu*
le changement
mille qu'exprim

Du 70° de latitud	
55°	———
30°	———
25°	———
20°	———
10°	———

En général d
prend cette tabl
sur lequel seul
latitudes élevée
la table de *la*
de l'océan serv
60° de latitude

* *Latin.* of

» aboutissoit à une muraille de glace d'une
» élévation considérable *.

» On a supposé (dit Mr. Forster à la suite
» de ces descriptions) que toutes les parties
» de ce globe, même celles qui sont les plus
» affreuses et les plus stériles, sont propres
» à être habitées par des hommes. Avant
» d'aborder sur cette île de la Géorgie, nous
» n'étions pas éloignés d'adopter cette opinion,
» puisque les rochers sauvages de la Terre de
» feu sont peuplés; mais le climat de la Terre
» de feu est doux en comparaison de celui de
» la Géorgie; car le thermomètre étoit ici
» d'au moins dix degrés ** plus bas. Les étés
» de cette nouvelle île sont très-froids : le
» thermomètre n'a jamais monté à plus de dix
» degrés *** au-dessus du point de congéla-
» tion, pendant notre séjour sur la côte; et
» quoique nous ayons lieu de croire que les
» hivers n'y sont pas aussi froids en proportion
» que dans notre hémisphère ****, il est pro-

---

* Ibid. p. 91.

** De Fahrenheit.

*** De Fahrenheit.

**** Il n'indique pas le fondement de cette conjecture. En général l'hiver austral est plus froid à même latitude, du moins par une cause ci-dessus indiquée §§. 292 et suivans.

» bable qu'il y a au moins entre les deux saisons
» une différence de 20 ou 30 degrés : je pense
» que cela suffiroit pour tuer tout homme qui
» auroit survécu aux rigueurs de l'été *, etc. »

§. 315. Ces témoignages prouvent suffisamment que dans les hautes latitudes australes, le froid est plus rigoureux que dans ces mêmes latitudes boréales.

Dans les latitudes inférieures, où il ne se forme pas de glace, et où les températures australe et boréale se mêlent, la différence de température entre les deux hémisphères ne paroît pas se faire sentir; mais pour en juger sûrement, il faudroit des observations plus exactes et plus nombreuses que celles qu'on a recueillies. Car les causes accidentelles trompent aisément lorsqu'on n'embrasse pas un grand espace.

Du reste, ces résultats sont tels qu'on avoit lieu de les attendre **.

Quant à l'inégalité périodique, ou à cette légère différence qui doit avoir lieu entre le rapport des saisons dans chaque hémisphère, nous manquons d'observations qu'on puisse comparer entr'elles sous ce point de vue.

---

* Mr. Forster joint ici d'autres considérations étrangères à mon sujet.

** §. 285.

CHAPITRE XII.

Suite.

§. 316. Aux îles Falkland, 51° latitude sud, la température observée aux années 1776 et 1777, fut 47° de Fahrenheit, ce qui, selon Mr. Kirwan, est 5° au dessous de l'*étalon* *; mais ce déficit a surtout lieu dans les mois d'été. Les mois froids, tels que juin et juillet (exceptant formellement août), furent plutôt un peu plus chauds, que les mois correspondans de décembre et janvier (exceptant février) ne sont d'ordinaire à Londres, située par le 51° 31′ de latitude nord. Si donc ce petit nombre d'observations faites aux îles Falkland pouvoit servir de moyenne, on en concluroit que le voisinage d'une vaste étendue de mers qui ne gèlent point, y influe plus sur la température périodique, que ne peut faire la raison mécanique déduite ci-dessus (§. 305.). Mais la différence de 5° dont la chaleur annuelle moyenne s'y trouve inférieure à l'*étalon*, confirme bien la théorie du froid austral. Et c'est cette différence

* *An estimate of the temp. of diff. latit.* p. 102.

qu'avoit en vue Forster dans le passage que j'ai cité, quoiqu'il ne l'eût pas exactement appréciée (§. 313.).

§. 317. Toutefois je crois devoir finir par traduire ici le court chapitre où Mr. Kirwan traite *de la température de l'hémisphère austral* *.

« De l'équateur au 40° de latitude, la tem-
» pérature de cet hémisphère semble être
» exactement la même que celle des parallèles
» correspondans du côté du nord **; mais
» c'est l'opinion générale, que les latitudes
» plus australes sont beaucoup plus froides
» que les septentrionales, à égale distance de
» l'équateur. Si cette opinion regardoit uni-
» quement la saison de l'été, ou les latitudes
» plus hautes que 60°, il y a de bonnes raisons
» de la croire fondée; car dans cet hémis-
» phère, aussi bas que le 68°, la mer a été
» trouvée gelée partout par cet incomparable
» navigateur le capitaine Cook, et de larges
» masses de glace sont en été détachées et
» entraînées aussi bas que 50° de latitude, ou
» même 46°, et fondant à cette hauteur,
» elles y répandent le froid jusque dans des

* Ibid. p. 15.

** Voyage de Gentil, T. I. p. 73.

» parages encore plus éloignés du pôle. Mais,
» d'un autre côté, l'absence de la terre, qui,
» comme on sait, reçoit un beaucoup plus
» grand degré de froid que l'eau, rend très-
» probable que les hivers antarctiques sont
» beaucoup plus doux que les arctiques, du
» moins sur terre.

» Il est digne de remarque que le docteur
» Halley et Mr. Wales ont trouvé quelquefois
» dans cet hémisphère le vent du nord plus
» froid que celui du sud *. »

N'ayant nullement à cœur de trouver un résultat d'une nature déterminée; mais ayant fort à cœur de trouver le résultat vrai, je me borne à désirer que les physiciens qui auront pris la peine de me lire, veuillent bien reprendre en considération ce sujet et lever les doutes que doivent naturellement faire naître ceux d'un météorologiste tel que Mr. Kirwan.

Il semble insinuer que la diminution du froid d'hiver, résultant de l'abondance des eaux, pourroit bien compenser dans l'hémisphère austral la diminution de la chaleur d'été. Je ferai remarquer néanmoins que cette compensation ne doit pas avoir lieu dans les climats

---

* *Dalrymple's Voy. p. 37. and Wales's Observ. on his Voy.*

où les glaces sont permanentes : or c'est le cas où se trouvent tous les climats de cet hémisphère dès le 68°, comme le dit Mr. Kirwan, et plusieurs climats moins élevés (§. 312.), à l'exception d'un seul point où les glaces ont permis de pénétrer en été jusqu'au 71° (*ibid.*). On ne sauroit voir aucune raison, dans ces climats glacés, pour que l'hiver y fût moins rude que sur les terres. Toutes les causes indiquées, soit par Mr. Kirwan, soit par d'autres, et toutes les observations qu'il a recueillies pour établir la différence périodique de chaleur entre la mer et la terre, se rapportent à la mer liquide et ne s'appliquent point à d'immenses plaines de glace. De sorte que pour établir la compensation entre l'été et l'hiver dans l'hémisphère austral, il ne resteroit plus que cette observation de Halley et Wales sur les vents du nord et du sud. Mais outre qu'elle ne se présente encore que sous une forme vague, il faudroit vérifier si c'est dans les hautes ou dans les basses latitudes que cette observation a été faite; car dans les basses latitudes, c'est-à-dire, dans celles où la mer ne gèle pas, elle n'a rien qui doive surprendre.

Il faut sans doute attendre et demander de plus nombreuses et de plus exactes observations. Cependant il n'est pas inutile de pré-

parer la matière en analysant les causes et en préjugeant le phénomène.

§. 318. Il me semble enfin, après avoir mûrement pesé tous les faits, qu'on peut conclure sans témérité que jusqu'ici les observations présentent le même résultat que la théorie, savoir, que l'*hémisphère austral est plus froid que le boréal* dans les latitudes élevées.

Macartney, dans l'Atlantique, allant du Nord au Sud, en novembre 1792, dit : « Vers » le 9° Nord, le vent de Nord-Est commença à » diminuer; ensuite il devint plus Est, et passa » quelquefois au Sud-Est. En traversant l'é- » quateur, nous étions par les 25° de longitude » à l'Ouest de Greenwich; et nous faisions voile » avec une très-bonne brise de Sud-Est *. »

Toutes les tables marines et les relations des navigateurs, offrent à la vérité beaucoup d'anomalies, indépendantes de la déclinaison du soleil, mais d'ordinaire on en démêle les causes en jetant les yeux sur la carte, et observant le gisement des terres. Et à travers ces anomalies, il me semble qu'on discerne assez bien la loi générale.

Je désirerois fixer l'attention des physiciens sur ce phénomène, qui, s'il étoit constaté, auroit peut-être quelques conséquences pratiques; lesquelles, bien que troublées par diverses causes, ne pourroient être absolument négligées dans un art aussi important et aussi compliqué que celui de la navigation.

---

* Voyage à la Chine de Macartney, traduit par Castera, T. I. p. 194.

observe celle-ci. L'air rare des régions supérieures de l'atmosphère est encore plus perméable ; il est en quelque sorte transparent, ou plutôt *transcaloreux*. Mais l'eau ne l'est pas, ni la vapeur vésiculaire. Les nuages sont opaques pour la chaleur comme pour la lumière. Ils absorbent l'une et l'autre, et ne la laissent passer que lentement *.

Ainsi la chaleur rayonnante de la terre traverse avec facilité l'atmosphère pure, mais elle est interceptée par les nuages. Ceux-ci sont donc pour la terre une espèce de vêtement. Ils empêchent l'écoulement de sa chaleur rayonnante ; et en la recevant vers leur partie inférieure, ils s'échauffent de ce côté-là comme un habit s'échauffe du côté du corps, et par conséquent ils renvoient à la terre un peu plus de chaleur rayonnante que ne peut faire l'air transparent.

La surface supérieure du nuage se refroidit au contraire par l'émission facile de sa chaleur dans un air raréfié. Mais le passage lent de la chaleur gênée qui serpente de l'une à l'autre surface, ne peut rétablir l'équilibre incessamment rompu par la source inépuisable de cha-

* On voit, dans plusieurs expériences citées ci-dessus, que l'opacité nuit à la transmission de la chaleur.

leur du côté de la terre, et par le gouffre toujours ouvert où elle se précipite de l'autre.

Tout nuage, la nuit, est donc exactement comparable à un vêtement très-épais qui recouvre un corps maintenu chaud par une cause interne et perpétuelle (tel qu'est, par exemple, le corps humain). La surface intérieure est chaude, la surface extérieure participe à la température froide de l'air ambiant. Et l'application du vêtement sur le corps y maintient la chaleur.

On n'a pas lieu d'être surpris de la promptitude de l'effet, parce que tout le jeu de la chaleur rayonnante, allant et revenant de la terre au nuage et du nuage à la terre, s'exécute en un instant indivisible. D'ailleurs à l'instant où le nuage arrive au zénith, il arrive en quelque sorte tout préparé. Sa partie inférieure a déjà acquis une chaleur excédante. Déjà elle émet plus de chaleur rayonnante que pareille étendue d'air de la même région. C'est un lambeau de vêtement qui passe d'une partie du corps à l'autre. Ainsi à l'instant même où ce vêtement chaud vient couvrir l'observateur, le thermomètre doit accuser sa présence.

§. 321. Le jour si le soleil frappe la surface supérieure du nuage, l'effet doit changer; mais je ne pousserai pas cette explication plus loin :

je

CHAPITRE II.

Sur la cause réfrigérante qu'on observe dans les animaux.

§. 332. Je transcrirai ici le court chapitre que j'avois inséré sur ce sujet dans mes *Recherches sur la chaleur* (Genève 1792).

Le pouvoir réfrigérant du corps animal est démontré particulièrement par les belles expériences de MM. Banks et Blagden, qui restèrent 10 minutes dans un air à 198° de Fahrenheit (73,8 de Réaumur).

Est-ce l'évaporation, est-ce la formation de quelques fluides élastiques, est-ce toute autre cause qui produit cet effet?

Il semble qu'on auroit à tenter sur ce sujet quelques expériences intéressantes.

Exposer à une haute température un corps humide, à la surface duquel transsudât continuellement une eau sans cesse renouvelée. Observer le thermomètre plongé dans ce corps.

Telle est la première expérience indiquée. Elle ne paroît pas offrir des difficultés décourageantes, et promet des résultats dignes de l'attention des physiciens.

Les vases de pierre poreuse où les Indiens

[illegible] qu'il y a au moins entre les deux saison[illegible]
une différence de 20 ou 30 degrés : je pen[illegible]
que cela suffirait pour tuer tout homme [illegible]
aurait survécu aux rigueurs de l'été *, et
§. 355. Ces témoignages prouvent suffi[illegible]
ent que dans les hautes latitudes austr[illegible]
hiver est plus rigoureux que dans ces m[illegible]
[illegible] habitables.

[illegible] latitudes inférieures, où il
[illegible] glace, et où les tempé[illegible]
[illegible] se mêlent, la différ[illegible]
température entre les deux hémisph[illegible]
[illegible] pas se faire sentir; mais pour e[illegible]
[illegible], il faudrait des observatio[illegible]
[illegible] et plus nombreuses que celle[illegible]
[illegible]. Car les causes accidentell[illegible]
[illegible]

[illegible] résultats sont tels q[illegible]
[illegible]

[illegible] périodique, o[illegible]
[illegible] pour les
[illegible] chaque be[illegible]
[illegible] que
[illegible] point de

[illegible] considér-
[illegible]

quelque confiance en faveur de celle que j'ai proposée.

CHAPITRE II.

Suite.

§. 324. Le phénomène météorologique indiqué au §. 319. a été remarqué par Mr. Pictet, et consigné dans ses journaux d'observation. C'est ce qu'atteste l'extrait suivant, qu'il en a transcrit textuellement, et auquel il a joint une remarque importante.

« *Extrait du registre de l'observatoire,* » *intitulé:* Observations diverses.

« *Janvier 1777.*

» *Dans la nuit du 4 au 5, le thermomètre* » *étoit à* — 12 *à* 10 *heures du soir; le tems* » *s'étant couvert ensuite, il n'étoit plus qu'à* » — 10 $\frac{1}{2}$ *à* 11 *h. du soir* *. »

---

* Les deux notes suivantes, inscrites sur le même registre à la suite de celle-là, ont quelque rapport à notre sujet et font voir que le froid régnoit à cette époque d'une manière constante.

« *Dans la nuit du 6 au 7, le thermomètre étoit à*

» Je me rappelle distinctement au sujet de » cette note », ajoute Mr. Pictet, en me la communiquant, « un fait que je ne trouve » pas enregistré, c'est que le haussement de » température dont il est question fut simul- » tanée avec l'apparition d'un nuage assez » voisin, mais peu étendu, aux environs du » zénith.

» Un autre fait, observé par tous les agri- » culteurs, et relatif à l'influence prompte et » presque immédiate des nuages sur le sol » (indépendamment de leur effet pour inter- » cepter les rayons solaires), est celui-ci ; on » sait que, dans les circonstances les plus favo- » rables d'ailleurs à l'apparition de la rosée, » elle est nulle, ou presque nulle, si le ciel » est couvert ; et que les blanches gelées, si » redoutables au printems et en automne, » n'ont pas lieu à même température, si le » tems est couvert. »

» — $10\frac{1}{2}$ *vers minuit ; ce froid continu feroit sans doute* » *du mal aux blés sans cinq à six pouces de neige* » *qui les couvrent, et sous laquelle la terre n'est que* » *peu gelée malgré le grand froid.*

» *La nuit du 8 au 9 a été encore plus froide que* » *les précédentes, et à minuit le thermomètre étoit à* » — $12\frac{3}{4}$. *Il aura été encore plus bas vers le matin.* »

Ces degrés sont ceux du thermomètre dit de Réaumur.

la chaleur rayonnante que
re, attendu que celle-ci est
que constante; tandis que
nt foible, peut varier par des
lles; on éprouvoit souvent
ce qu'on attendoit. L'obser-
découvrir que, lorsqu'à l'époque
froids de l'hiver le tems étoit
froid croissoit. Et cela est bien
que cette circonstance augmente
émission de chaleur rayonnante
cette époque la terre est comme
acé, par un tems froid, près d'un
n. La chaleur, que cet homme
conserve, dépend beaucoup moins
el il se chauffe, que des habits
vêtu.

a chaleur solaire et la chaleur ter-
nante s'égalisant aux environs des
est aux environs des équinoxes que
haleurs doivent différer davantage.
fférence doit se manifester sur le
re, en présentant à ces dernières
es extrêmes de froid et de chaleur
quatre heures, plus distans que dans
le l'année. C'est ce que confirme la
nte.

dres les variations les plus ordinaires

CHAPITRE III.

Epoque de l'année à laquelle cette observation est le plus applicable.

§. 326. J'AI parlé (§§. 239. 240.) de quelques irrégularités dans la ma e progressive de l'échauffement et du refroidissement périodiques de la terre. Ces irrégularités doivent en grande partie être attribuées aux vents et aux pluies. Elles tiennent aussi quelquefois au phénomène que nous avons expliqué ci-dessus (§. 319.), je veux dire à l'effet de la sérénité du tems ou de son opacité. Ceci donne la clef d'un aphorisme météorologique conçu en vers barbares,

Si sol claruerit, se Virgine Purificante;
Multo majus erit frigus post, quam fuit ante.

La fête de la purification de la Vierge est au 2 février, jour qui, avant la réforme grégorienne, répondoit au 13 actuel du même mois. C'est le moment où l'on croyoit avoir lieu d'attendre naturellement que la chaleur iroit en croissant. Voilà pourquoi le pronostic est fixé à cette époque.

Mais comme la marche de la chaleur dépend

alors bien plus de la chaleur rayonnante que de la chaleur solaire, attendu que celle-ci est très-foible et presque constante; tandis que celle-là, également foible, peut varier par des causes accidentelles; on éprouvoit souvent le contraire de ce qu'on attendoit. L'observation avoit fait découvrir que, lorsqu'à l'époque des plus grands froids de l'hiver le tems étoit très-serein, le froid croissoit. Et cela est bien naturel, puisque cette circonstance augmente sensiblement l'émission de chaleur rayonnante (§. 320.). A cette époque la terre est comme un homme placé, par un tems froid, près d'un très-petit feu. La chaleur, que cet homme éprouve ou conserve, dépend beaucoup moins du feu auquel il se chauffe, que des habits dont il est vêtu.

§. 327. La chaleur solaire et la chaleur terrestre rayonnante s'égalisant aux environs des solstices, c'est aux environs des équinoxes que ces deux chaleurs doivent différer davantage. Et cette différence doit se manifester sur le thermomètre, en présentant à ces dernières époques des extrêmes de froid et de chaleur en vingt-quatre heures, plus distans que dans le reste de l'année. C'est ce que confirme la table suivante.

A Londres les variations les plus ordinaires

de température, dans l'espace de vingt-quatre heures, sont pour chaque mois, telles qu'on les voit ici exprimées en degrés de Fahrenheit.

Janv.	6°	Mai	14°	Sept.	18°
Févr.	8	Juin	12	Oct.	14
Mars	20	Juill.	10	Nov.	9
Avril	18	Août	15	Déc.	6

« De là (remarque Mr. Kirwan de qui j'em-
» prunte cette table), de là l'origine des rhumes
» de printems et d'automne *.

* *An estimate of the temper. of diff. latit. p. 74.*

» Tel étoit en gros le spectacle qu'offroit cette grotte en 1769. Mais ce spectacle varie. Si je m'en rapportois aux exagérations de mon guide, le bloc de glace de l'entrée n'auroit été que le reste d'une colonne de glace qui atteignoit jusqu'à la voûte, et plusieurs pareilles colonnes auroient été successivement détruites pour satisfaire à la consommation de la ville de Besançon, à qui, comme je l'ai déjà dit, cette grotte tient lieu de glacière. Mais il paroît seulement qu'il se forme en hiver de grandes mèches ou stalactites de glace, qui pendent du plafond et se fondent ou tombent au printems. Cette circonstance et d'autres changent le nombre et la disposition des blocs et des pyramides qui s'élèvent sur le pavé de glace de la caverne. En septembre 1711, M. Billerez vit trois pyramides de glace de 15 à 20 pieds de haut. A cette époque la caverne contenoit beaucoup plus de glace qu'à celle des observations de M. De Cossigny, en août 1743. Et cependant à cette dernière époque, on comptoit 13 ou 14 pyramides, mais qui n'avoient que 6, 7 ou 8 pieds de haut. En août 1769, je ne remarquai qu'un seul bloc de glace, à peu près de la hauteur de ceux dont parle M. De Cossigny.

En 1707, dans le tems du camp de la

une seule nuit. « Les Arabes dirent tous, » rapporte ce voyageur, que c'étoit l'effet » du froid, et cependant le thermomètre de » Fahrenheit étoit une heure avant le jour » à 42° *. »

Il paroît par les autres observations faites dans cette traversée, ou peu avant et après, que le même thermomètre se tenoit le jour fréquemment à 116° et au-dessus, mais si l'on suppose qu'il se tînt seulement aux heures les plus chaudes environ à 110°, il s'ensuivra que dans l'espace de moins de vingt-quatre heures le thermomètre aura parcouru 68° de Fahrenheit, c'est-à-dire, plus de 30° de R. Il n'est pas étonnant que l'économie animale en fût vivement affectée, et que (comme les sensations de froid et de chaud sont relatives) le degré assez élevé de la nuit (équivalent à 4 $\frac{4}{9}$ de Réaumur) ait produit l'effet d'un froid rigoureux sur des animaux malades et couchant en plein air.

Et quoique cette différence fût remarquable même dans ce climat, on peut en conclure néanmoins que le refroidissement nocturne, ou en général la chaleur rayonnante de la terre, y est bien supérieure à tout ce qu'on

* *Voyages aux sources du Nil, L. VIII. Chap. 12.*

Tels sont les principaux résultats des observations faites dans cette grotte. Ils laissent beaucoup à désirer, et probablement ne suffisent pas pour déterminer avec précision la cause du principal phénomène. La glace permanente dans cette grotte n'y est pas formée et entretenue par le froid résultant de l'élévation du sol. La forêt qui l'abrite est plus élevée de quelques toises, et on y respire en été un air aussi chaud que dans les lieux les plus voisins de Besançon. Ce fait suffiroit pour exclure une pareille explication, lors même qu'on n'auroit pas des données justes sur la hauteur nécessaire pour produire le froid de congélation, hauteur bien différente de celle où la grotte se trouve placée. Ainsi, en comptant avec H. B. de Saussure, un degré de froid moyen pour chaque centaine de toises d'élévation, à peine trouveroit-on quelque diminution sensible de chaleur par cette cause. Car, quoiqu'on manque d'observations barométriques faites dans ce lieu, on peut juger de son niveau par le chemin qu'on fait pour y parvenir, et il ne me reste le souvenir d'aucune montée escarpée, ni d'aucune vue élevée et qui domine la plaine. Tout ce qu'en dit M. De Cossigny me paroît conforme à ce souvenir, et je me suis persuadé qu'une ou deux centaines de toises

chaleur interne, et peuvent servir à déterminer l'une par l'autre.

§. 329. Toutefois je ne dois pas omettre ici une remarque directement contraire, que fait un savant météorologiste. Le P. Cotte, dit que dans la zone torride la chaleur ne diminue pas pendant la nuit d'autant, à beaucoup près, qu'elle diminue dans notre zone tempérée. Mr. Godin, ajoute-t-il, trouva qu'à Saint-Domingue un thermomètre qui marquoit le soir 27 degrés, en marquoit encore 23 le lendemain au matin.

Mais il modifie cette remarque. « Ces petites variations, dit-il, ... ne sont pas » tellement propres aux pays chauds qu'il n'y » en ait aussi quelques-uns, où les variations » de la liqueur sont aussi grandes, et plus » grandes même, que dans ces pays-ci. » Les exemples qu'allègue ici l'auteur ne paroissent pas se rapporter à un intervalle de vingt-quatre heures, mais à des époques éloignées *.

Peut-être ce fait n'est-il pas assez constaté. S'il se vérifie, voici deux réflexions qui peuvent être prises en considération. 1.° Dans les pays humides et maritimes, la quantité de l'évaporation diurne et de la condensation des va-

* *Traité de météorologie du P. Cotte*, p. 284.

leurs pendant la nuit tend à rapprocher les températures de ces deux périodes successives.

2.° Dans les climats d'une chaleur constante, le sol s'échauffe à une plus grande profondeur; et le calorique des couches inférieures, remplaçant sans cesse celui qui s'échappe par le rayonnement, entretient pendant la nuit une chaleur plus forte à la surface ; et cela d'autant plus que, dans les hautes températures, le calorique paroît se mouvoir plus librement dans l'intérieur des corps solides qu'il ne peut faire dans des températures inférieures.

Du reste il est nécessaire d'ajouter que la vérification de cette remarque sur l'estimation du climat par la chaleur rayonnante, n'influera point sur les résultats du calcul comparatif de la chaleur solaire à deux époques où cette chaleur est égale au rayonnement (§§.220 et suiv.). Ce calcul repose uniquement sur l'état stationnaire de la chaleur observée à ces deux époques, état qui est très-évident.

Les faits, résultant d'observations exactes et répétées en divers lieux de la zone torride, doivent être les seuls guides du physicien dans la route que nous indiquons. Et ces faits bien analysés jetteront du jour sur la théorie.

CHAPITRE V.

Sur la limite des alisés.

§. 330. Le vent alisé qui souffle constamment de l'Est tient du Nord dans l'hémisphère boréal, du Sud dans l'hémisphère austral; et cette force perpendiculaire à l'équateur, laquelle trouble la direction du vent d'Est, doit être attibuée à la chaleur solaire qui produit sur la masse entière de l'atmosphère le même effet qu'on observe en petit lorsqu'on établit une communication entre une chambre froide et une chambre chaude. L'air passe par en bas du froid au chaud, et retourne par en haut au froid *. En sorte que, des zones froides à l'équateur, il doit s'établir deux courans opposés,

* A Tcherkin en Abyssinie, 15° de latitude septentrionale, en Décembre 1771. « Pendant la nuit on » distinguoit constamment deux courans d'air, celui » qui étoit le plus bas venoit du Nord-Est et tournoit » le matin un peu à l'Est; tandis que des nuages blancs, » très-légers et très-élevés, courant rapidement du » Sud-Ouest, indiquoient que le vent régnoit en haut » dans cette direction. » *Voyage aux sources du Nil par J. Bruce, traduit par Castera, in-8.° T. XI, p.* 130.

dont l'impression, se combinant avec la marée atmosphérique, produit le double alisé qu'on observe *.

La limite moyenne, qui sépare l'alisé Nord-Est de l'alisé Sud-Est, seroit l'équateur même, si les deux hémisphères étoient échauffés au même point.

Mais puisqu'ils sont inégalement chauds (§. 318.), cette limite sera placée de manière à laisser de part et d'autre des segmens sphériques qui contiennent des quantités égales de chaleur : c'est-à-dire qu'elle sera un parallèle de l'hémisphère boréal.

En effet l'observation semble prouver que les alisés Sud-Est s'étendent au-delà de l'équateur jusqu'au 3° de latitude septentrionale, et que les alisés Nord-Est ne s'étendent dans l'hémisphère Nord que jusqu'au 5° de même latitude. En sorte qu'il y a un espace d'environ 2° où les alisés ne sont ni Nord, ni Sud, et où l'irrégularité des vents et des orages

---

* Par un résultat moyen de toutes les observations anémométriques connues, du 11° au 43° de latitude *Nord*, le vent dominant est le *N. E.* Du 43.° au-delà vers le pôle, c'est le *S.* ou le *S. O. Mémoire du P. Cotte* dans le *Journal de physique*, *octobre* 1791.

marque en quelque sorte la limite de ces deux espèces d'alisés *.

Je dis que l'observation semble prouver. Et j'emploie cette expression de doute, à cause de la difficulté de faire abstraction des causes locales, accidentelles ou périodiques, (surtout du changement de la déclinaison solaire) pour estimer cette limite moyenne.

J'ai cependant recueilli un assez grand nombre d'observations qui confirment cet aperçu. Et j'en ai indiqué quelques-unes dans un mémoire particulier sur ce sujet **.

Carteret, près des îles Charlotte, entre 4° et 8° de latitude, trouva des vents variables, soufflant par intervalles de chaque rhumb de la boussole, avec beaucoup de pluie et des rafales violentes : circonstances, qui semblent caractériser la limite des alisés ; mais le voisinage des terres et celui du grand continent d'Asie, ôtent à cette observation une partie de sa force : et le navigateur même qui l'a faite suppose que c'étoit un des vents de la mousson.

Presque tous les navigateurs, qui parcourent la mer Pacifique, ne rencontrent les alisés dans l'hémisphère Sud que vers le 19° de latitude.

---

* *Nicholson's Introd. to natur. philos. Vol. II.* p. 57.

** *Journal de physique, Avril* 1791.

« Il

» Je n'aperçus aucun courant d'air, aucune communication du fond de la glacière avec l'air extérieur. J'avois si chaud, malgré l'heure matinale, que je ne pus rester long-tems dans un lieu aussi frais. On éprouve un sentiment d'étonnement, en voyant, au cœur de l'été, ces amas de glace et cette eau qui se maintient au degré de la congélation; en sentant l'air glacé d'un lieu si peu profond, et dont l'entrée est assez grande pour donner un libre accès aux vents du midi.

» Curieux de connoître l'état de cette glacière en d'autres saisons, j'y envoyai au mois de décembre 1807, un des hommes qui m'avoient accompagné et sur l'exactitude duquel je pouvois compter, après l'avoir armé de deux bons thermomètres, et lui en avoir enseigné la marche.

» Il y fut, au travers des neiges, le 22 décembre, à deux heures de l'après-midi.

» L'espace occupé par l'eau, en entrant dans la glacière, à droite, étoit absolument gelé. Il avoit 33 pieds de longueur et 15 de largeur. A gauche, les stalactites de glace étoient plus grandes et plus nombreuses qu'en été.

» Le thermomètre, mis sur la glace, descendit d'un degré au-dessous de zéro. A vingt-cinq pieds de l'entrée de la glacière, en dedans, le

thermomètre indiquoit + 3 $\frac{1}{2}$. A 15 pieds de l'entrée, en dehors, au soleil, il indiquoit + 4.

» Au coucher du soleil, les thermomètres indiquèrent 0. Descendu dans la vallée, à 4 h. $\frac{1}{2}$ du soir, le thermomètre étoit à — 6.

» Un jeune herboriste, fort intelligent, que j'avois chargé d'examiner l'état de la glacière, y avoit été le 15 septembre de la même année. Il n'y avoit point trouvé d'eau, mais il avoit vu la place qu'elle occupoit remplie par un plateau de glace, long de 44 pieds, et large de 23.

» Le guide, que j'y avois envoyé au mois de décembre 1807, y retourna le 28 mai 1808, à deux heures et demie de l'après-midi, et y trouva, en entrant à droite, de l'eau qui surnageoit la glace sur un espace de 42 pieds en longueur, sur 19 pieds de largeur, et 3 pouces et demi de profondeur. Le thermomètre, plongé pendant deux minutes dans cette eau, accusoit 0.

» Suspendu au milieu de la glacière, il accusoit + 2. A 12 pieds, en dehors de la glacière, il accusoit également + 2.

» Ces observations, tout imparfaites qu'elles sont, suffisent au moins pour faire voir que la glace de cette grotte ne se forme pas en été plutôt qu'en hiver, comme le pensoit mon guide. Elles laissent entrevoir d'ailleurs assez

Est. Et le Nord-Est ne fut rencontré qu'au-delà du 8° de latitude septentriouale *.

En 1786, le 22 avril, par 116° 40′ de longitude (à l'Ouest de Greenwich), le vent alisé Sud-Est fut observé se maintenir encore au 3°37′ de latitude septentrionale. Entre ce degré et le 7° de latitude Nord, les vents furent variables et soufflant par rafales; ce ne fut qu'au 7° 43′ de latitude septentrionale, que le vent se fixa et devint l'alisé Nord-Est constant **.

G. Vancouver trouva, dans l'Atlantique, la limite, telle à peu près que je la fixe; c'est-à-dire, du côté Nord, à quelques degrés de l'équateur ***.

Les vents alisés nous quittèrent, dit La Pérouse, en août 1785, par les 14° Nord; et furent constamment de l'Ouest au Sud-Ouest, jusqu'à la ligne: (C'étoit dans la mer du nord peu loin de l'Afrique). Nous trouvâmes, ajoute-t-il, les vents de Sud-Est à la ligne; et ils m'ont constamment suivi jusque par les 20° 15′ de latitude Sud ****.

---

* *Voyage de Marion et Desclemeur, par Crozet, Paris 1783, in-8°., p. 171 et 169.*

** *Voyage de Dixon, Tables marines.*

*** Voyage de 1790 à 1795, autour du monde par George Vancouver.

**** Voyage de La Pérouse, T. II. p. 25.

NOTES.

au
»
»
»
»
»
»
»
»
»
»
»
»
»
»
»
»
»
»
»
»
»
§.
conn
écriv
bloit

---

* J
fait a
* C

NOTE A, au §. 2, p. 5.

Sur la conductibilité.

Je prie que l'on veuille bien remarquer que, pour traiter avec clarté un sujet compliqué, on est obligé de le traiter par parties; ce qui ne suppose point, qu'en s'occupant de l'une, on oublie l'existence de l'autre. Je traite du calorique rayonnant, sans jamais cesser un instant d'admettre les phénomènes de la conductibilité. Dans les précédens écrits où je me suis occupé du même sujet, j'ai toujours fait mention d'une double cause ou d'un double mode de propagation de la chaleur. Et l'on verra que dans cet ouvrage, tout en traitant du rayonnement, je ne perds jamais de vue les effets de la faculté conductrice, quoique je m'attache sévèrement à ne point *traiter* de celle-ci. Je suis forcé de faire cette remarque par une critique que je rencontre dans l'ouvrage d'un grand chimiste.

« On voit, » dit Mr. Thomson, » par cet exposé de la théorie de Prevost, qu'elle est entièrement fondée sur le rayonnement du calorique, » et que la faculté des corps pour le conduire n'y » entre pour rien. On ne peut à la vérité révoquer

» oute le rayonnement du calorique ; il est » même extrêmement probable que c'est par lui » que s'opère la distribution égale de température, » qui n'auroit lieu que très-lentement, et peut-être » même jamais complettement, par la seule faculté » conductrice du calorique ; mais en même tems, » on ne peut disconvenir, que cette dernière pro- » priété des corps n'influe d'une manière sensible » sur la durée du tems nécessaire pour que les » corps contigus arrivent à l'égalité de température. » L'hypothèse de Prevost pourroit donc être re- » gardée comme imparfaite en cela seul qu'il n'y » a pas eu égard à cette circonstance. » (Système de chimie de Th. Thomson, trad. par Riffault, T. II. p. 125.)

Ma réponse est qu'en traitant de la propagation de la chaleur rayonnante, je n'ai pas traité de la propagation de la chaleur en général. Sous ce dernier point de vue, ma théorie seroit sans contredit fort imparfaite, ou du moins fort imparfaitement développée. Les Rumford, les Haüy, les Biot, les Gay-Lussac, et d'autres célèbres physiciens, peuvent embrasser ce sujet dans toute son étendue. Je me suis borné au seul point sur lequel j'ai cru pouvoir jeter quelque foible clarté.

NOTE B, §. 6, p. 11.

Sur le mode de propagation de la lumière.

L'ARGUMENT en faveur de l'émission, qui est ici indiqué, et que je soumets au jugement des physiciens, peut être présenté plus clairement, en le restreignant au seul phénomène de la réfraction *extraordinaire* produite par quelques cristaux diaphanes. Je vais donc le reprendre sous cette forme, et avec assez de détail, pour que l'on puisse aisément juger de sa valeur.

La réfraction extraordinaire du cristal d'Islande a été l'objet des recherches de Newton, de Huyghens et de plusieurs autres physiciens éminens. Huyghens l'expliquoit en supposant dans ce cristal deux espèces d'ondulations lumineuses, l'une pour la réfraction ordinaire et l'autre pour l'extraordinaire. Dans celle-ci, la vitesse étoit variable et représentée par les rayons d'un ellipsoïde de révolution, applati à ses pôles, ayant pour centre le point d'incidence, et dont l'axe de révolution seroit parallèle à l'axe du cristal. Cette supposition explique en effet le phénomène. Mais si l'on met deux cristaux transparens l'un sur l'autre, il naît une classe

e de phénomènes que l'hypothèse n'ex-
que point. « Lorsqu'on eut fait remarquer à
» yghens ce phénomène dans le cristal d'Is-
» lande, » dit La Place *, » il convint, avec
» la candeur qui caractérise un ami sincère de la
» vérité, qu'il étoit inexplicable dans ses hypothèses. »

Ce sujet ayant été repris récemment par quelques physiciens anglois et françois, la loi de Huyghens a été reconnue parfaitement juste pour la classe de phénomènes pour laquelle il l'avoit établie; et quant aux phénomènes qu'elle n'explique pas, c'est-à-dire, ceux qui dépendent de la superposition de deux cristaux, on a déterminé une nouvelle loi, de laquelle il résulte, qu'en entrant dans un milieu de cette espèce, la lumière reçoit deux modifications différentes, relatives à la position du rayon par rapport à l'axe du cristal.

L'observation étant ainsi parvenue à déterminer la loi du phénomène, il s'agissoit d'y appliquer le calcul, afin de voir si cette loi dépendoit des principes connus de la mécanique. Mr. La Place a fait cette application et a démontré que cette loi étoit une conséquence du principe de la moindre

---

* *Sur le mouvement de la lumière*, p. 5.

action. Or le principe de la moindre action atteste des forces attractives ou répulsives. Donc la loi fournie par l'observation, dans le cas de la réfraction qu'opère le cristal d'Islande, atteste l'action de telles forces. Mais de telles forces ne peuvent être conçues nettement que dans le système de l'émission. Donc ce système doit être préféré à celui des ondes.

Toute la force de ce raisonnement dépend de cette assertion, que le principe de la moindre action suppose quelques forces attractives ou répulsives. J'ai donc prié un habile mathématicien (Mr. Schaub), de m'indiquer les motifs de confiance en cette assertion, dont l'exposé pourroit être fait sommairement et sans calcul. Il a bien voulu me fournir sur cet objet les éclaircissemens suivans.

Note de Mr. Schaub.

Le principe de la moindre action, découvert par Maupertuis, consiste en ce que dans le mouvement des corps qui agissent les uns sur les autres, la somme des produits des masses par les vitesses et par les espaces parcourus, est un *minimum*. Euler a envisagé ce principe d'une manière plus générale dans un appendice qui termine son traité

périmètres, et il a démontré le premier que, ...s trajectoires décrites par des forces centrales, l'intégrale de la vitesse multipliée par l'élément de la courbe fait toujours un *maximum* ou un *minimum*.

On a voulu prouver ce principe par des considérations métaphysiques; mais La Grange a démontré dans sa *Mécanique analytique*, qu'il n'est qu'un résultat des lois de la mécanique. Ce grand Géomètre fait voir, par une heureuse combinaison du principe des vitesses virtuelles avec celui que d'Alembert a donné dans sa Dynamique, qu'on peut étendre au mouvement d'un système de corps la formule de son équilibre, en considérant, que, si l'on décompose le mouvement instantanée du système en deux autres, dont l'un subsiste, et dont l'autre est détruit par les forces qui sollicitent les différens corps du système, l'équilibre doit exister entre ces forces et le mouvement perdu.

La Grange trouve ainsi, pour le mouvement des corps, une équation générale, qui renferme la solution de tous les problèmes de dynamique; il en tire comme corollaires, en employant les transformations et les hypothèses convenables, tous les théorèmes sur le mouvement, que différens

auteurs

teurs avoient présentés comme des principes primitifs de la science, et entr'autres celui de la moindre action; mais pour la démonstration de ce principe, il est nécessaire de supposer que les forces accélératrices tendent à des centres fixes, ou aux corps mêmes du système, et sont proportionnelles à des fonctions quelconques des distances.

On peut conclure de là, que lorsque la loi de la moindre action a lieu dans quelque phénomène, les forces accélératrices qui le produisent sont nécessairement proportionnelles à des fonctions quelconques des distances, et doivent être regardées, par conséquent, comme des forces d'attraction ou de répulsion.

Note C, §. 6, p. 12.

Sur la chaleur produite par le frottement.

Je me permettrai d'offrir une conception à ce sujet qui ne me semble pas en contradiction avec les faits connus. Le calorique abonde dans tous les corps. Il manifeste avec eux des affinités. D'après la loi générale des attractions en masse, il y a lieu de croire que ce fluide est très-fortement attiré par les corps jusqu'à un certain degré de saturation.

on enlève à un corps le calorique dont il s'est si emparé, il est probable que ce corps enlévera soudainement le calorique attaché aux corps voisins; en sorte que, de proche en proche, en un tems très-court, le déficit sera comblé, parce qu'il se fera une répartition très-prompte depuis les corps les plus éloignés; à peu près comme le niveau de l'eau se rétablit lorsqu'on le trouble. Ce calorique de saturation est inerte, et sans effet pour changer les dimensions des corps auxquels il est attaché. Il ne devient actif et thermométrique que lorsqu'on le dégage. Dans son état d'inertie il n'agit point pour opérer la dilatation, la liquidité, ou l'expansion. Mais si, outre ce calorique de saturation, il y en a d'autre dans un corps; ce calorique excédant n'est point pompé ou aspiré par le corps avec avidité comme le précédent, il y entre ou en sort librement et s'y comporte comme on l'observe dans les expériences thermométriques. Maintenant, en frottant un corps au point de l'échauffer, il est probable qu'on lui enlève quelque partie de son feu de saturation. Aussitôt donc ce corps frotté remplace, par les corps contigus (par le milieu ambiant, par les supports de la machine, etc.), ce qui lui manque pour la saturation. Et le

calorique, sans cesse dégagé, devient actif ou thermométrique. Ainsi sembleroit s'expliquer la création continuelle de la chaleur par le frottement. Du reste, je prie que l'on n'envisage cette explication, que comme un exemple, destiné à montrer, que le phénomène dont il s'agit ne peut pas faire objection à la supposition d'un calorique matériel; puisqu'il peut dépendre de la densité qu'a acquise la partie de ce fluide dont les corps sont saturés, ainsi que de la rapidité avec laquelle se répare la rupture de cette espèce d'équilibre ou le vide opéré dans cette saturation.

Et pour éclaircir ceci par un exemple d'un tout autre genre, considérons le potassium ou le soudium à l'état de potasse ou de soude. Ils sont saturés d'oxigène, comme tout corps l'est de calorique. Dès lors (en vertu des lois communes des affinités ou attractions en masse) l'action de ces métaux sur l'oxigène cesse, et l'oxigène agit librement autour d'eux selon sa nature, comme le calorique agit selon la sienne autour des corps qui en sont saturés, pour dilater, ou liquéfier ceux qui en sont susceptibles. Supposons que, par un procédé quelconque, on enlève au métal son oxigène de saturation, que ce métal dépouillé soit réduit en poudre

et mêlé à du métal pleinement oxidé. Il est probable que ces deux poudres métalliques se partageront l'oxigène, dont une seule est en possession, et qu'elles resteront demi-oxidées. Ainsi je conçois que, si la secousse du frottement enlève à un corps quelque partie de son calorique de saturation, les corps contigus le lui rendent, et sont eux-mêmes saturés par leurs voisins.

Je répète que tout ceci n'est qu'une conception de possibilité.

NOTE D, au §. 9, p. 17.

Sur une hypothèse de Hutton *.

LE *Système de chimie* de Mr. Th. Thomson, prof.r à l'Université d'Édimbourg, traduit récemment par Mr. Riffault (Paris, 1809.), me force d'ajouter ici quelques nouveaux détails. Mon opinion sur le calorique s'y trouve exposée, (T. II. p. 121.). L'auteur en fait l'application à l'expérience de la réflexion du froid par deux miroirs concaves conjugués, et termine cet exposé par ces mots (p. 248.) : « Telle est à peu près l'explication » que Prevost et le Dr. Hutton donnèrent de ce » fait. »

On pourroit inférer de cette expression que le Dr. Hutton a eu quelque part à l'explication que j'ai donnée; et comme il n'en a eu aucune, je crois devoir le dire.

Mr. J. Hutton avoit pris en main la défense du phlogistique dans un ouvrage que je ne connois pas,

---

* Cette note ne peut être bien comprise que par ceux de mes lecteurs qui connoissent déjà mon explication de la réflexion du froid. Je prie les autres de l'omettre, ou d'en renvoyer la lecture au moment où ils auront achevé celle de la Section IV de cet ouvrage.

mais où il ne paroît pas qu'il se fût occupé du rayonnement du calorique. C'est en 1794 seulement, que parut à Édimbourg l'ouvrage où il en est question; et par conséquent trois ans après que j'avois publié dans le Journal de Physique mon explication de la réflexion du froid. L'ouvrage de Mr. Hutton est intitulé : *Dissertation sur la philosophie de la lumière, de la chaleur et du feu* *.

Les idées de l'auteur sur le feu et sur la lumière sont trop longues à exposer, pour que j'entreprenne de le faire ici. Je dirai seulement qu'il établit un rayonnement de lumière invisible, à l'état d'équilibre apparent.

Quant à l'équilibre réel, Mr. Hutton paroît croire qu'il n'a jamais lieu. Il se représente les corps comme étant dans une oscillation de chaleur perpétuelle. On voit cette idée dominer dans l'explication qu'il donne de la réflexion du froid; explication fondée sur deux principes faux, savoir : 1.° que, dans un lieu de température uniforme,

---

* A Dissertation on the philosophy of light, heat and fire, by James Hutton, M. D. and F. R. S. E. Édimburgh, 1794. (un vol. in-8.° de 326 pages).

un corps placé au foyer d'un miroir concave s'échauffe. (J'ai démontré le contraire au §. 105.). 2.° que le succès de l'expérience de la réflexion du froid dépend de la grandeur du matras de glace placé au foyer conjugué, (tandis que la radiation et la réflexion du froid ont lieu en diverses circonstances, absolument indépendantes de la grandeur du matras).

Et pour que le lecteur juge par lui-même de la solidité de cette explication, je vais la donner dans les termes de l'auteur littéralement traduits *.

« Considérons maintenant l'état particulier des » choses, dans cette expérience, qui est le sujet » de notre raisonnement.

» Le thermomètre, qui est le corps qui doit » être chauffé ou refroidi au foyer de l'un des » miroirs, est un thermomètre d'air : la boule » de ce thermomètre n'a que trois ou quatre » lignes de diamètre ; et on l'a soufflée aussi mince » qu'il a été possible de le faire. Par conséquent » ce corps est affecté par une très-petite quantité » de chaleur ; et il est exposé par une si grande » surface au milieu du fluide qui l'entoure, qu'il

* Ibid. Part. III. p. 92.

» doit être vite ramené à la température de l'at-
» mosphère par la diffusion ou la communication
» de sa chaleur *.

» C'est dans cet état que nous devons considérer
» le thermomètre indicateur dans notre expérience.
» Comme il est placé au foyer d'un miroir réflé-
» chissant, une grande partie de la lumière, qui
» tombe dans une direction convenable sur le mi-
» roir, est concentrée au foyer de manière à ac-
» croître la chaleur du thermomètre, et l'air am-
» biant lui enlève continuellement cette chaleur
» accrue. Ce corps donc, dans ces circonstances,
» recevra continuellement de la chaleur par voie
» d'irradiation, et émettra continuellement de la
» chaleur par diffusion; tandis que, d'après notre
» observation, nous croirions qu'il est stationnaire,
» et qu'il ne reçoit ni n'émet rien, si la quantité
» du changement est suffisamment petite, ou si

---

* Il est essentiel de remarquer ici que, dans les idées de Mr. Hutton le mot *chaleur* est incompatible avec l'épithète *rayonnante*. Ainsi quand il parle de la diffusion ou de la communication de la chaleur faite dans l'atmosphère, il ne peut être question que de ce que j'ai coutume d'appeler la communication par voie de conductibilité. *P. P. P.*

» les moyens d'observation ne sont pas suffisam-
» ment exacts.

» Nous considérons ce thermomètre extrêmement
» sensible, placé au foyer d'un des miroirs, tandis
» qu'il n'y a rien au foyer de l'autre, et que tous
» les corps environnans sont supposés être à la
» même température. En ce cas, nous devons
» supposer que la température du thermomètre
» sera accrue, quoique, par la petitesse de cet ac-
» croissement, et par l'opération de l'air qui pré-
» vient une accumulation ultérieure de chaleur,
» ce degré de chaleur accrue puisse être trop petit
» pour devenir un objet d'observation. Maintenant
» qu'on place à l'autre foyer un corps massif,
» tel qu'un matras d'eau de même température
» que les corps environnans. Ici il y a évidemment
» (d'après le principe dont je pars, savoir, que
» les corps émettent toujours de la lumière invi-
» sible) une cause d'accroissement ultérieur de la
» chaleur du thermomètre *, quoique cet accrois-
» sement puisse encore peut-être se trouver un

* Il est au contraire démontré qu'il n'y a là aucune cause d'accroissement de la chaleur du thermomètre, comme je le fais voir au §. 105. *P. P. p.*

» lorsque dans la réalité il n'est affecté que par » l'irradiation d'une moindre quantité de lumière » invisible échauffante. »

Ainsi l'explication de Mr. Hutton peut être résumée comme suit : 1.° Il n'y a jamais d'équilibre réel de chaleur, c'est pourquoi on peut toujours supposer quelque rayonnement de lumière insensible. 2.° Donc la boule d'un thermomètre au foyer d'un miroir concave s'échauffe, quoique autour d'elle, tout soit dans un état d'équilibre apparent. 3.° Mais cet échauffement, produit par voie de rayonnement, est diminué sans cesse par la diffusion, c'est-à-dire, par le contact de l'air ambiant; ce qui produit des oscillations de chaleur. 4.° Dans ces circonstances un grand matras, placé au foyer du miroir conjugué, doit diminuer le rayonnement, ou la cause échauffante. Donc il doit produire un refroidissement apparent.

Il résulte de là que Mr. Hutton ne s'est fait aucune idée de l'équilibre mobile; qu'il n'explique la réflexion du froid qu'au moyen d'une supposition fausse, savoir, que, dans un lieu de température uniforme, le thermomètre focal s'élève au-dessus de la température du lieu; et que, par conséquent, c'est par erreur, qu'on a indiqué ce

physicien comme ayant donné, du phénomène en question, la même explication que moi.

Je voudrois fort qu'il eût en effet adopté la théorie que j'ai exposée. Je m'honorerois de son suffrage. Mais il me suffit de mettre en regard nos deux explications, pour en saisir la différence.

NOTE E, §. 173, p. 187.

Sur une expérience de Mr. Fordyce.

ON lit dans les *Transactions philosophiques* * un mémoire de Mr. Fordyce, dans lequel il rend compte d'une expérience relative à l'accumulation de la chaleur, qui a quelque rapport avec celle que je viens de commenter, et que j'expliquois à peu près de même dans un écrit précédent **.

En supprimant le détail de cette expérience, elle se réduit à chauffer également deux plaques de différentes matières, en les exposant au soleil par une de leurs faces, et à mesurer du côté opposé la température produite à une petite distance, dans les diverses périodes d'échauffement et de refroidissement.

---

* *Vol. LXXVII*, p. 300.

** *Recherches sur la chaleur*, §. 145.

L'une des plaques est de carton, l'autre de fer. Elles sont égales en volume. Mais en poids, celle de fer est à celle de carton à peu près comme 9 est à 1. Toutes les précautions sont prises pour que d'ailleurs les circonstances soient les mêmes dans les deux appareils, et entr'autres pour que la quantité de l'irradiation solaire, qui se répand sur la face supérieure des plaques horizontales, soit bien égale de part et d'autre.

Les résultats de l'expérience sont ceux-ci. 1.° Le thermomètre placé sous la plaque de fer monte plus tard et plus lentement. 2.° Il arrive enfin à un maximum plus élevé. 3.° Lorsqu'on fait cesser l'irradiation solaire, il redescend plus lentement.

La densité différente des deux plaques peut influer sur ces faits, et paroît même les expliquer. Je ne prétends pas dire que cette explication soit complète, parce qu'il faudroit, et de nouvelles expériences, et de nouveaux calculs, pour comparer exactement la cause à l'effet *. Mais je ne crois

* En particulier il faudroit rechercher l'influence que peut avoir ici la nature propre de ces corps, indépendamment de leur densité.

pas inutile d'indiquer la manière dont je conçois cette influence.

Si l'on se représente d'un côté une plaque simple, et de l'autre une plaque composée de neuf couches homogènes semblables à la première, on verra aisément que lorsque le feu a pénétré la plaque simple, il lui reste encore huit couches à percer pour arriver au thermomètre placé sous la plaque composée *. Et suivant sous ce point de vue le progrès de l'expérience, on devinera tous les résultats qu'a observés son ingénieux auteur.

NOTE F, au §. 177, p. 192.

Théorème de Mr. Leslie.

« QUE le miroir LAM soit une petite portion de sphère ayant pour centre C, et pour axe ACD. Que l'objet rayonnant, situé directement de front en D, soit un cercle, dont le diamètre GH soit égal à LM, largeur du miroir. Ce cercle peut être considéré comme égal à la surface concave du miroir, puisque cette surface est égale à un cercle Fig. 1.

* La loi que suit le refroidissement relativement aux masses, a été déterminée par Richmann. Et je l'ai indiquée au §. 50.

qui a pour rayon la corde AL, au lieu de DG ou $\frac{1}{2}$ LM; et puisque dans les petits segmens, le rapport des cordes et celui des sinus correspondans approche beaucoup de l'égalité. Pour déterminer l'image focale, il suffit d'indiquer le point de concours de deux rayons qui, après la réflexion, émanent d'un point quelconque du cercle rayonnant. Le rayon GCM, qui passe par le centre du miroir, tombant perpendiculairement, sera réfléchi selon la direction opposée; et le rayon GA, incident au sommet, sera réfléchi vers H, l'angle CAH étant égal à CAG. Le point d'intersection, K, est donc le foyer de G. On prouvera de même que I est le foyer de H. D'où l'on inférera que l'image est un cercle dont le diamètre est IK.

» On voit par-là que l'objet rayonnant et son image sous-tendent des angles égaux, soit au centre soit au sommet du miroir; car GCH=ICK, et GAH est le même angle que IAK. La lumière qui tombe sur le miroir, est évidemment concentrée au foyer dans le rapport de LM^2 à IK^2, ou de AD^2 à AF^2. Mais c'est une proposition d'optique élémentaire, que la densité des rayons est inversement comme le carré de la distance du point d'où ils émanent. Prenez OD=AF; la densité de la lumière reçue

en

en O sera à celle qui est incidente en A, comme AD^2 est à AF^2. Par conséquent, si l'objet qui la reçoit étoit transporté en O, il seroit éclairé par la lumière directe, précisément autant qu'il peut l'être en F par la lumière réfléchie. En d'autres termes, l'intensité de l'éclairement au foyer ne seroit point changé, si l'on supposoit que le miroir fût converti en une simple surface rayonnante, de la même nature que le cercle primitif GH.

» Par raison de simplicité, j'ai supposé la surface rayonnante de forme circulaire, et de même grandeur que le miroir. Mais il est facile de voir que la démonstration précédente s'applique également à tout autre cas. En effet l'éclairement de l'image focale n'est en aucune façon affectée par la grandeur de l'objet rayonnant, auquel elle est toujours semblable et proportionnelle. »

Tel est le théorème de Mr. Leslie et la démonstration qu'il en donne.

On peut la résumer ainsi :

L'éclairement est directement comme le nombre des rayons et inversement comme la surface sur laquelle ils se répandent. Le nombre des rayons est inversement comme le carré de la distance au corps lumineux. Or dans le cas actuel, les surfaces sont

directement comme le carré de cette même distance. Donc l'éclairement est constant à toute distance.

On prouve que les surfaces de l'objet et de l'image sont entr'elles comme le carré de leur distance au miroir, en montrant que de l'origine de l'axe leurs diamètres sont vus sous le même angle. Or ce qui est dit de l'origine de l'axe peut s'étendre aux points très-voisins.

NOTE G, au §. 276, p. 326.

Théorème de Mr. Bénédict Prevost.

J'ÉTOIS occupé de ce sujet, et je ne connoissois point encore cette proposition de la Pyrométrie de Lambert, lorsque mon parent Bénédict Prevost * la découvrit de son côté et m'en fit part, dans une lettre en date de Montauban le 3 décembre 1791. Je la présenterai ici sous la forme qu'il lui donna et sous laquelle je l'ai précédemment publiée **.

L'artifice de cette démonstration consiste à supposer la terre entièrement immobile (ce qui ne

* Le même physicien de qui j'ai discuté les expériences sur l'eau qui se dépose de l'air, §§. 192. et suiv.

** Rech. sur la chaleur, §. 93.

change rien à l'effet); et à considérer un seul faisceau de rayons, donné de position (savoir le faisceau vertical), comme représentant bien tous les autres. Quoique la démonstration de Lambert soit plus simple, et par-là même plus claire et plus belle; je crois devoir conserver ici le souvenir de celle que j'ai connue la première, et qui a dirigé mes recherches subséquentes sur le refroidissement de l'hémisphère austral.

THÉORÈME.

La lumière solaire qui parvient à la terre est égale dans toute partie égale de l'écliptique, parcourue ou non en tems égal.

DÉMONSTRATION.

Soit *AMB* l'orbite elliptique que parcourt le soleil, et dont le centre *P* de la terre occupe un des foyers *. Fig. 2.

Que *QqRQ* représente l'intersection écliptique de l'orbe et du globe terrestre. Et soient menées les droites *PM*, *Pm* infiniment près l'une de l'autre;

---

* *Nota.* Il est indifférent et plus simple de supposer le soleil mobile.

puis du rayon PM soit décrit l'arc circulaire Mn.

Mn est comme $PM \times Qq$.

Mais le tems que le soleil met à parcourir Mm, ou à décrire Qq, est comme l'espace $Mn \times PM$, ou comme $Qq \times \overline{PM}^2$; c'est-à-dire, en raison directe de Qq et du carré de la distance PM.

Par conséquent la quantité de lumière reçue par Qq, qui est directement comme le tems et inversement comme le carré de la distance, est proportionnelle à Qq.

Elle sera donc égale dans toute partie égale de l'écliptique, parcourue ou non en tems égal.

NOTE II, §. 284, p. 335.

Quelques détails de calcul.

Mr. le professeur Schaub, de qui j'ai déjà emprunté les lumières (p. 431), me fournit la note suivante, relative à quelques-unes des propositions contenues dans cet ouvrage, auxquelles il lui a paru que le calcul pouvoit être utilement appliqué.

On trouve pour un rayonnement continu des formules dans lesquelles on peut réduire aisément celles des §§. 45 et 46.

1.° Soit x la chaleur perdue par le premier corps et acquise par le second dans le tems t.

On a $dx = \frac{1}{p}(a-2x)\,dt$

d'où l'on tire

$$x = \tfrac{1}{2}a\left(1-e^{-\frac{2t}{p}}\right)$$

$$a-x = \tfrac{1}{2}a\left(1+e^{-\frac{2t}{p}}\right)$$

e étant la base des logarithmes népériens.

2.° Soient x la chaleur du premier corps et y celle du second à la fin du tems t. On a

$-dx = \frac{1}{p}(x-\frac{1}{q}y)\,dt$, $dy = \frac{1}{p}(\frac{1}{q}x-y)\,dt$;

d'où l'on tire

$$x = \tfrac{1}{2} a \left(e^{-(\frac{1}{p}+\frac{1}{pq})t} + e^{-(\frac{1}{p}-\frac{1}{pq})t} \right)$$

$$y = \tfrac{1}{2} a \left(e^{-(\frac{1}{p}-\frac{1}{pq})t} - e^{-(\frac{1}{p}+\frac{1}{pq})t} \right)$$

Les formules des §§. 45, 46, se réduisent à celles-ci, en faisant n infini dans le développement de leurs termes; en effet $(1-z)^n = e^{-nz}$ lorsque n est infini.

Sur le §. 281.

Soient α, α', les quantités de chaleur fournies dans un instant par les deux sources; n, n', les durées de ces sources. $\frac{1}{p}$ l'aliquote de chaleur que le rayonnement fait perdre dans un instant, $\pi = 1 - \frac{1}{p}$. La quantité de chaleur acquise par le premier corps pendant le tems n sera

$$\alpha\left(1+\pi+\pi^2+\ldots+\pi^{n-1}\right) = \alpha\left(\frac{1-\pi^n}{1-\pi}\right) \quad (1)$$

On aura de même pour le second corps $\alpha'\left(\frac{1-\pi^{n'}}{1-\pi}\right)$. Soit $n' = n+\nu$; on a par une condition du problème $n\alpha = (n+\nu)\alpha'$; la quantité de chaleur acquise par le second corps sera donc $\frac{n\alpha}{n+\nu}\left(\frac{1-\pi^{n+\nu}}{1-\pi}\right)$. A la fin du tems ν il restera au premier corps la chaleur $\pi^\nu \alpha\left(\frac{1-\pi^n}{1-\pi}\right)$ (2); il s'agit donc de démontrer que

$\pi^{\nu}\left(1-\pi^{n}\right) < \frac{n}{n+\nu}\left(1-\pi^{n+\nu}\right)$,

ou $\nu\pi^{\nu}\left(1-\pi^{n}\right) < n\left(1-\pi^{\nu}\right)$; n et ν étant > 1 et $\pi < 1$. Mr. Lhuilier démontre ainsi cette inégalité; si l'on pouvoit avoir

$\nu\pi^{\nu}\left(1-\pi^{n}\right) > n\left(1-\pi^{\nu}\right)$, substituant n à ν et ν à n, on auroit par la même raison

$n\pi^{n}\left(1-\pi^{\nu}\right) > \nu\left(1-\pi^{n}\right)$; donc en multipliant membres par membres $n\nu\pi^{n+\nu} > n\nu$, ce qui est absurde.

On peut encore déterminer de la manière suivante la chaleur que chacun de ces corps acquiert dans le tems t. Soit x la chaleur acquise par le premier à la fin du tems t, on a l'équation, $dx = (\alpha - \frac{1}{p}x)\,dt$ (3). Ce qui donne $x = p\alpha\left(1-e^{-\frac{t}{p}}\right)$ (4). Si la source ne fournit plus de chaleur après le tems t, on trouve ce que x devient après le tems t', en faisant $-dx = \frac{1}{p}x\,dt'$, d'où l'on tire $x = p\alpha e^{-\frac{t'}{p}}\left(1-e^{-\frac{t}{p}}\right)$ (5).

Les formules (1) et (2) se réduisent aux précédentes (4) et (5) en développant $\left(1-\frac{1}{p}\right)^{n}$, $\left(1-\frac{1}{p}\right)^{\nu}$ et en faisant n et ν infinis.

d'où l'on tire

$$x = \tfrac{1}{2}a\left(e^{-\left(\frac{1}{p}+\frac{1}{pq}\right)t} + e^{-\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{pq}\right.}\right.$$

$$y = \tfrac{1}{2}a\left(e^{-\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{pq}\right)t} - e^{-\left(\frac{1}{p}+\frac{1}{pq}\right.}\right.$$

Les formules des §§. 45, 46, se réduisen
ci, en faisant n infini dans le dévelop
leurs termes; en effet $(1-z)^n = e^{-nz}$
est infini.

Sur le §. 281.

Soient α, α', les quantités de chale
dans un instant par les deux sources;
durées de ces sources. $\frac{1}{p}$ l'aliquote de cha
rayonnement fait perdre dans un instant,
La quantité de chaleur acquise par le pre
pendant le tems n sera

$$\alpha\left(1+\pi+\pi^2+\cdots+\pi^{n-1}\right) = \alpha\left(\frac{1-\pi}{1-\pi}\right.$$

On aura de même pour le second corps

Soit $n' = n+v$; on a par une condition d
$n\alpha = (n+v)\alpha'$; la quantité de chaleur
le second corps sera donc $\frac{n\alpha}{n+v}\left(\frac{1-\pi^{n+v}}{1-\pi}\right.$
du tems v il restera au premier corps
$\pi^v\alpha\left(\frac{1-\pi^n}{1-\pi}\right)$; il s'agit donc de dém

SECTION II. DES LOIS DE LA CHALEUR CROISSANTE ET DÉCROISSANTE.
CHAP. I. Des lois de la chaleur entrante, page 35
CHAP. II. Des lois de la chaleur sortante, 39
CHAP. III. Des lois de l'échauffement et du refroidissement, 41
CHAP. IV. Suite, 49

SECTION III. DE LA TRANSMISSION ET DE L'INTERCEPTION DE LA CHALEUR, OBSERVÉES DANS LE CAS DE L'ÉCHAUFFEMENT SEULEMENT, 56
CHAP. I. Premières tentatives pour estimer la transmission du calorique à travers des écrans de diverses sortes, 57
CHAP. II. Tentatives ultérieures, 62
CHAP. III. Discussion des expériences précédentes, 66
CHAP. IV. Suite, 80

SECTION IV. DE LA RÉFLEXION DU CALORIQUE.
CHAP. I. Échauffement produit avec l'appareil des deux miroirs concaves conjugués, 87
CHAP. II. Refroidissement produit avec le même appareil, 89
CHAP. III. Explication de ce double phénomène, 91
CHAP. IV. Remarque sur d'autres expériences relatives à la réflexion du calorique, 94

SECTION V. DE L'EFFET D'UNE SURFACE RÉFLÉCHISSANTE, POUR CHANGER LA TEMPÉRATURE DES CORPS SOUMIS A SON INFLUENCE.
CHAP. I. Quelques détails de théorie sur la réflexion du calorique, et occasionnellement sur la réfraction, 95
CHAP. II. Expériences à ce sujet, 101

TABLE DES MATIÈRES

Contenues dans cet ouvrage.

AVERTISSEMENT, page v

INTRODUCTION.

CHAP. I. Que le calorique rayonne, 1

CHAP. II. Que la chaleur se propage de deux manières, 4

CHAP. III. Des différens états du calorique, 5

CHAP. IV. Questions relatives à la nature du calorique, 6

CHAP. V. Remarque historique, 13

SECTION I. EXPOSITION DE LA THÉORIE DE L'ÉQUILIBRE MOBILE.

CHAP. I. Constitution du calorique, 18

CHAP. II. Remarques sur les explications déduites de cette constitution, 20

CHAP. III. État du calorique à la surface des corps, 22

CHAP. IV. De l'équilibre du calorique rayonnant, 28

CHAP. V. De la rupture et du rétablissement de l'équilibre mobile, 30

CHAP. VI. Extension des définitions précédentes, 32

SECTION VII. APPLICATION DE LA THÉORIE DU CALORIQUE RAYONNANT AUX EXPÉRIENCES DE Mr. LESLIE, SUR LA NATURE ET LA PROPAGATION DE LA CHALEUR, p. 133

CHAP. I. Description des appareils employés pour ces expériences, 134

CHAP. II. Manière d'expérimenter ; éclaircissemens et résultats généraux, nécessaires pour l'intelligence des expériences suivantes, 146

CHAP. III. Expériences sur la quantité de chaleur rayonnante émise ou reçue par différentes surfaces, 151

CHAP. IV. Sur la chaleur interceptée et transmise, 165

CHAP. V. De la loi relative aux distances et aux inclinaisons, 191

CHAP. VI. Sur la loi du refroidissement et de l'échauffement, 223

SECTION VIII. APPLICATION DE LA THÉORIE A QUELQUES EXPÉRIENCES RELATIVES A L'EAU QUE L'AIR DÉPOSE SUR CERTAINS CORPS, 233 *au lieu de* 333

CHAP. I. Extrait détaillé des expériences, 234

CHAP. II. Résumé de ces expériences, 242

CHAP. III. Principe général duquel ces phénomènes paroissent dépendre, 245

CHAP. IV. Application générale de ce principe, 246

CHAP. V. Quelques détails, 249

CHAP. VI. Quelques remarques, 255

SECTION IX. RÉSUMÉ DES PRINCIPES EXPOSÉS CI-DESSUS, ET DES PRINCIPALES CONSÉQUENCES QUI EN ONT ÉTÉ DÉDUITES, page 258

AVERTISSEMENT relatif aux sections suivantes, 263

SECTION X. DE LA CHALEUR SOLAIRE ET DE LA CHALEUR PROPRE DE LA TERRE.

CHAP. I. De la chaleur solaire comparée à la chaleur propre de la terre, à sa surface, et au lieu de l'observation, 265

CHAP. II. De la chaleur solaire comparée avec elle-même en été et en hiver, par voie d'observation, 271

CHAP. III. De la chaleur solaire comparée avec elle-même, en été et en hiver, par voie de calcul, 281

CHAP. IV. Comparaison des résultats de l'observation et du calcul, 288

CHAP. V. De la chaleur solaire d'été en différens climats, 293

CHAP. VI. De la chaleur moyenne en différens climats, 296

CHAP. VII. De l'échauffement du globe terrestre, 298

CHAP. VIII. Du refroidissement du globe terrestre, 302

CHAP. IX. De l'échauffement et du refroidissement du globe terrestre, envisagés dans leurs effets combinés, 306

SECTION XI. DE LA CHALEUR RELATIVE DES DEUX HÉMISPHÈRES DU GLOBE TERRESTRE, OU DU FROID AUSTRAL.

CHAP. I. De l'effet de la distance du soleil sur les deux hémisphères de la terre, p. 317

CHAP. II. De l'effet de la durée des saisons froides et chaudes sur la chaleur relative des deux hémisphères de la terre, 321

CHAP. III. De l'effet combiné du tems et de la distance sur la quantité de l'irradiation solaire, 325

CHAP. IV. De la chaleur relative constante des deux hémisphères terrestres, envisagés comme séparés, 328

CHAP. V. Effet de la réunion des deux hémisphères, 342

CHAP. VI. De l'inégalité périodique de température relative des deux hémisphères, ou de la température relative des saisons dans chaque hémisphère, 344

CHAP. VII. De la chaleur relative des deux hémisphères, modifiée par une considération chimique, 346

CHAP. VIII. De la chaleur relative des deux hémisphères, modifiée par une considération géographique, 349

CHAP. IX. Suite, 356

CHAP. X. Résumé des causes qui doivent influer sur la tempé-

SECTION XI. (*Suite de la*
rature relative des deux hémisphères de la terre, page 367
CHAP. XI. De la chaleur relative des deux hémisphères donnée par l'observation, 369
CHAP. XII. Suite, 377
SECTION XII. REMARQUES MÉTÉOROLOGIQUES.
CHAP. I. Effet des nuages sur la température de l'air près du sol, 382
CHAP. II. Suite, 387
CHAP. III. Époque de l'année à laquelle cette observation est le plus applicable, 390
CHAP. IV. Rapport de cette observation au climat, 393
CHAP. V. Sur la limite des alisés, 398
SECTION XIII. REMARQUES DÉTACHÉES.
CHAP. I. Remarque sur l'expansibilité du calorique, 405
CHAP. II. Sur la cause réfrigérante qu'on observe dans les animaux, 407
CHAP. III. Sur les glacières naturelles, 409
NOTES, 425

Fin de la Table.

ERRATA.

Page 32, au titre du [illegible] IV,
à natur [illegible] *à la nature.*
186, ligne 5. de [illegible] *lisez* $18\frac{2}{5}$ degrés
Page 405, *expensibilité* li[illegible] *xpansibilité*
412, ligne 6 et p. [illegible] 1, *effacez les guillemets.*

Page 406. *Note omise.*

Je rapporte cette opinion, sans la discuter. Le fait mérite attention, la cause est obscure. Y auroit-il ici, par la secousse, un dégagement de ce calorique de saturation, dont je parle à la note C (p. 453) ?

Errata pour l'ouvrage intitulé Du Calorique Rayonnant.

(*Nota.* Les lecteurs de cet ouvrage sont instamment priés de faire usage de cet *Errata.*)

Page 42, ligne 21. ne reçoit d'elle, *lisez* ne lui rend

50 7. Ces suites——quantité près.

lisez

En sorte que le corps finira toujours par atteindre la température de la source à une très-petite quantité près.

Page 53, ligne antépénultième. $+\left[\frac{p-1}{p}+-\frac{1}{pq}\right]^n$

lisez $+\left[\frac{p-1}{p}-\frac{1}{pq}\right]^n$

Ibid., ligne dernière. $\frac{a}{2}\left(\left[\frac{p-1}{p}+\frac{1}{pq}\right]-\text{etc.}\right.$

lisez $\frac{a}{2}\left(\left[\frac{p-1}{p}+\frac{1}{pq}\right]^n-\text{etc.}\right.$

Page 73, ligne 2. différer des précédens *lisez* différer de celle des précédens.

74 5. moindre *lisez* plus grande

192 1. à la distance *lisez* au carré de la distance

199, ligne avant-dern. g (le grossier) *lisez* 1 (le grossier)

200, ligne 2. $\frac{1}{t}$ *lisez* $\frac{g}{t}$

202 1. $g=29$, *effacez cela.*

$s=3$ *lisez* $s=\frac{5}{52}$

Ibid., l. 11, 15, 19, 22, 25. Aux exemples 2.d, 3.e, 4.e, 5.e et 6.e, *effacez toutes les valeurs de* g; *savoir, effacez* $g=\frac{8}{9}$, $g=\frac{41}{45}$, $g=\frac{8}{9}$, $g=\frac{10}{11}$, $g=\frac{11}{12}$.

Nota. *Le résultat de ces dernières corrections, depuis la page* 199 *est ceci.*

Soient les deux caloriques 1 (le grossier), s (le subtil). Après avoir traversé une couche d'air

d'épaisseur donnée, soit transmise la partie $\frac{g}{t}$ du calorique grossier; la transmission totale, et par conséquent l'effet, sera donc $\frac{g}{t} + s$; et après deux couches pareilles $\left(\frac{g}{t}\right)^2 + s$; et après trois couches $\left(\frac{g}{t}\right)^3 + s$; etc.

(*Sans autre changement, jusqu'à la fin de la page* 201.)

Et à la page 202.

1.er *Exemple.* Soit $s = \frac{5}{32}$, $\frac{g}{t} = \frac{5}{8}$. etc.

2.d *Exemple.* Soit $s = \frac{1}{9}$, $\frac{g}{t} = \frac{1}{5}$. etc.

3.e *Exemple.* Soit $s = \frac{4}{45}$, $\frac{g}{t} = \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{4}{9}$ à peu près. etc.

4.e *Exemple.* Soit $s = \frac{1}{9}$, $\frac{g}{t} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{4}{7}$ à peu près. etc.

5.e *Exemple.* Soit $s = \frac{1}{11}$, $\frac{g}{t} = \frac{5}{11}$. etc.

6.e *Exemple.* Soit $s = \frac{1}{12}$, $\frac{g}{t} = \frac{1}{2}$. etc.

Page 203, ligne 18. par très-satisfait *lisez* pas très-satisfait

295 7. une nuit d'un mois. *lisez* une nuit de vingt-quatre heures, précédée et suivie d'une suite de nuits, qu'interrompt à peine le jour produit par un soleil peu élevé.

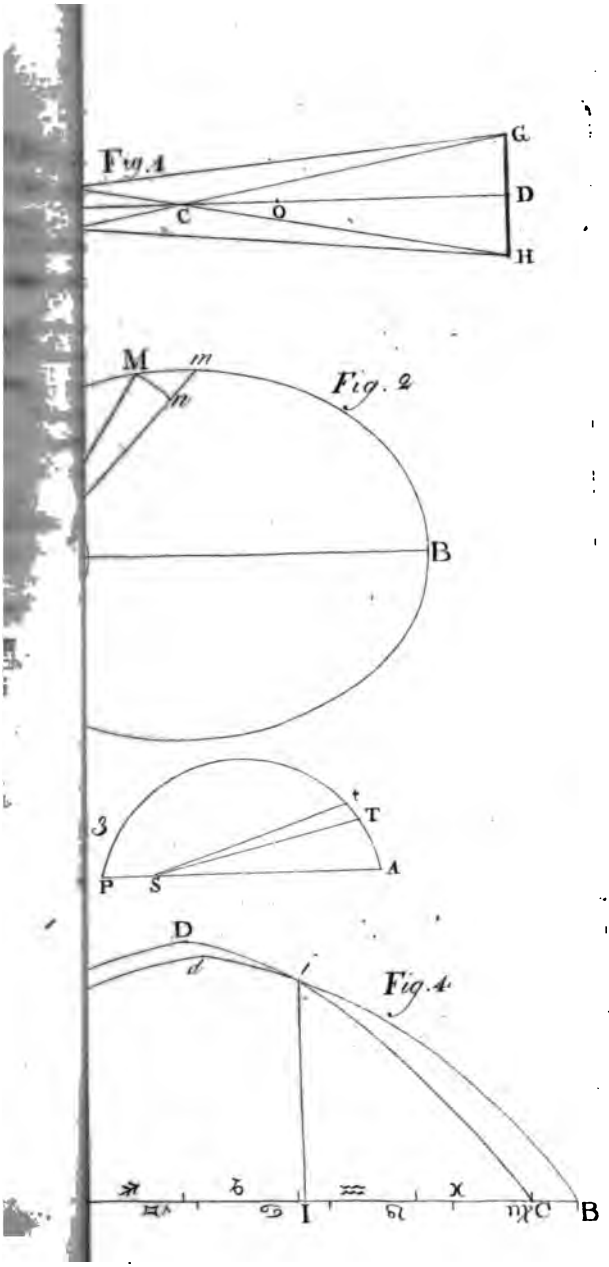
Fig. 1
G
D
C
O
H
M
m
n
Fig. 2
B
3
t
T
P
S
A
D
d
i
Fig. 4
I
B